

**OPTIMASI KONSENTRASI SORBITOL DAN LAMA
PEMBEKUAN UNTUK MENINGKATKAN
KETAHANAN ADONAN BEKU DAN KUALITAS
ROTI MANIS**

SKRIPSI

Oleh:
WAHYU SUGIARTI
NIM 145100301111016



**JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**



repository.ub.ac.id

OPTIMASI KONSENTRASI SORBITOL DAN LAMA PEMBEKUAN UNTUK MENINGKATKAN KETAHANAN ADONAN BEKU DAN KUALITAS ROTI MANIS

Oleh:
WAHYU SUGIARTI
NIM 145100301111016

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik**



**JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Optimasi Konsentrasi Sorbitol dan Lama Pembekuan untuk Meningkatkan Ketahanan Adonan Beku dan Kualitas Roti Manis

Nama Mahasiswa : Wahyu Sugiarti

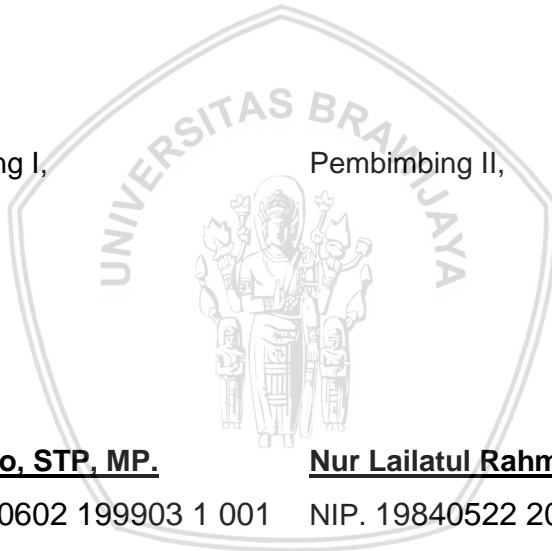
NIM : 145100301111016

Jurusan : Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr. Sucipto, STP, MP.

Nur Lailatul Rahmah, S.Si, M.Si

NIP. 19730602 199903 1 001

NIP. 19840522 201212 2 002

Tanggal Persetujuan:

Tanggal Persetujuan:

.....

.....

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Optimasi Konsentrasi Sorbitol dan Lama Pembekuan untuk Meningkatkan Ketahanan Adonan Beku dan Kualitas Roti Manis

Nama Mahasiswa : Wahyu Sugiarti

NIM : 145100301111016

Jurusan : Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Penguji I,

Dr. Ir. Maimunah Hindun P., MS.

NIP. 19560913 198601 2 001

Dosen Penguji II,

Dosen Penguji III,

Dr. Sucipto, STP, MP.

Nur Lailatul Rahmah, S.Si, M.Si

NIP. 19730602 199903 1 001

NIP. 19840522 201212 2 002

Ketua Jurusan,

Dr. Sucipto, STP.,MP

NIP. 19730602 199903 1 001

Tanggal Lulus TA:

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Blitar pada tanggal 27 Maret 1996, dari pasangan suami istri Sugito dan Sulastri. Penulis menempuh jenjang pendidikan di RA Perwanida Sumberjati (2000-2002), melanjutkan pendidikan dasar di SDN Sumberjati (2002-2008), pendidikan menengah pertama di SMPN 2 Kademangan (2008-2011) dan pendidikan menengah atas di SMAN 3 Blitar (2011-2014). Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan Program Sarjana di perguruan tinggi. Pada tahun 2014 penulis diterima di Universitas Brawijaya Malang, Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian jalur SNMPTN. Selama di perguruan tinggi penulis aktif dalam kegiatan organisasi dan kepanitiaan. Organisasi yang diikuti yakni BEM FTP pada tahun 2015, 2016 dan 2017 serta mengikuti organisasi tingkat universitas yakni UKM Pramuka (Racana Brawijaya). Selain itu, penulis aktif dalam kegiatan pendampingan di SMAN 3 Blitar sebagai alumni pramuka (Arssmaga Kota Blitar). Adapun kegiatan kepanitiaan yang diikuti yakni *Dies Natalis FTP*, *Pemilwa FTP*, *Brawijaya Agritech Event*, *Himatitan Great Event*, Festival Budaya, Diksarpram 35, PKM Stulabo, Raja Brawijaya dan lain sebagainya. Kegiatan kepenulisan yang pernah diikuti yakni PKM tingkat Fakultas dan Program Mahasiswa Wirausaha. Penulis aktif sebagai asisten praktikum pada matakuliah Mikrobiologi Umum, Rekayasa Proses, dan Sistem Teknologi dan Informasi.



*Alhamdulillah Rabbil' Alamin
Atas Berkat Rahmat dan Ridho Allah SWT,
Karya ini berhasil ku selesaikan dan aku persembahkan
Terkhusus untuk Bapak dan Ibu kebanggaanku
Dan umumnya untuk seluruh pembaca
Semoga karya sederhana ini bermanfaat*

PERNYATAAN KEASLIAN TA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Wahyu Sugiarti
NIM : 145100301111016
Jurusan : Teknologi Industri Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian
Judul TA : Optimasi Konsentrasi Sorbitol dan
Lama Pembekuan untuk
Meningkatkan Ketahanan Adonan
Beku dan Kualitas Roti Manis

Menyatakan bahwa,
TA dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut
di atas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak
benar saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, Juli 2018

Pembuat Pernyataan,

Wahyu Sugiarti

NIM.145100301111016

WAHYU SUGIARTI. 145100301111016. Optimasi Konsentrasi Sorbitol dan Lama Pembekuan untuk Meningkatkan Ketahanan Adonan Beku dan Kualitas Roti Manis. TA. Pembimbing : Dr. Sucipto, STP, MP dan Nur Lailatul Rahmah, S.Si, M.Si

RINGKASAN

Roti manis mempunyai cita rasa manis menonjol, bertekstur empuk (*soft*), dengan atau tanpa isi. Saat ini, produsen roti manis mengembangkan metode adonan beku untuk mempermudah proses penyimpanan dan distribusi. Kelebihan adonan beku antara lain dapat diproduksi tersentralisasi, mudah didistribusikan, dan umur simpan produk lebih panjang. Kelemahannya selama distribusi, suhu penyimpanan naik menyebabkan adonan beku mudah lembek dan mengembang. Selain itu, proses pembekuan dapat merusak jaringan gluten akibat pembentukan kristal es yang dapat menurunkan volume pengembangan karena kerusakan sel khamir. Upaya meningkatkan kualitas adonan beku agar tidak mudah lembek dan mengembang salah satunya adalah penggunaan sorbitol. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan paling optimal agar dihasilkan adonan beku yang tahan peningkatan suhu dan kerusakan sel *yeast*.

Penelitian ini dirancang menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) dengan 2 faktor. Faktor I adalah konsentrasi sorbitol 5% sebagai batas bawah dan 10% sebagai batas atas, sementara faktor II adalah lama pembekuan 4 jam sebagai batas bawah dan 8 jam sebagai batas atas yang diformulasikan menggunakan *software Design Expert 7*. Solusi optimal diuji organoleptik menggunakan metode *Hedonic Scale Scoring*. Uji organoleptik menggunakan 5 orang panelis terlatih. Data yang diperoleh dianalisis dengan Uji T menggunakan program *SPSS Statistics 17*.

Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimal diperoleh dari konsentrasi sorbitol 7,37% dan lama pembekuan 5,76 jam. Hasil verifikasi titik optimal menghasilkan nilai respon

pengembangan adonan, pengembangan roti dan tingkat keempukan roti secara berturut-turut yaitu 7,877%; 428,219% dan 0,39 kg/cm², kemudian dibandingkan dengan prediksi program menghasilkan simpangan masing-masing yaitu 6,35%; 1,57% dan 4,35%. Roti manis solusi optimal dibandingkan dengan roti manis kontrol, secara keseluruhan solusi optimal dari penelitian dipilih sebagai solusi terbaik. Berdasar analisis kimia memiliki kadar air 26,43%, kadar protein 7,11%, kadar karbohidrat 59,18%, kadar lemak 6,33% dan kadar abu 0,93%. Analisis fisik menunjukkan hasil tinggi roti, panjang roti dan volume roti masing-masing yaitu 56,67 mm, 118,53 mm dan 353,67 cm³. Penerimaan konsumen terhadap roti manis tersebut mulai agak tidak menyukai sampai netral.

Kata Kunci: Adonan Beku, Lama Pembekuan, Roti Manis, RSM, Sorbitol



WAHYU SUGIARTI. 145100301111016. Optimization Concentrations of Sorbitol and Long-Freezing Time to Improve the Resistance of Frozen Dough and The Quality of Sweet Bread. Undergraduate Thesis. Supervisor: Dr. Sucipto, STP, MP and Nur Lailatul Rahmah, S. Si, M. Si

SUMMARY

Sweet bread has a salient sweet taste, soft-textured, with or without filling. This time, the producer sweet bread develops frozen dough method to ease the process of keeping and distributing. The benefits of frozen dough are its centralized production, easy distribution, and long storage age. The weakness is on the distribution process, which the storage temperature rise causes frozen dough to be easily mushy and damaged. Moreover, the frozen process can damage the gluten tissue as an impact of ice formation which can reduce expansion volume because the damage on yeast cell. An attempt to improve the quality of frozen dough to be not easily mushy and is the use of sorbitol. This study aims to obtain an optimal sorbitol concentration and freezing duration to produce frozen dough that can resist from the temperature rise and the yeast cell damage.

This study is designed using Response Surface Methodology (RSM) with 2 factors. Factor I is the 5% sorbitol concentration as the lower limit and 10% as the upper limit, while factor II is the 4 hours freezing duration as the lower limit and 8 hours as the upper limit, which is formulized using Hedonic Scale Scoring method. Organoleptic test use 5 trained panelists. The obtained data are analyzed by T Test using SPSS Statistics 17 program.

The result shows the optimal condition is obtained from 8,37% sorbitol concentration and 5,76 hours freezing duration. The optimal point verification result produces response value of dough expansion, bread expansion, and level of bread tenderness which are 7,877%; 428,219% dan 0,39 kg/cm² respectively. Optimal solution sweet bread is preferred as the best solution on the whole compared to control sweet bread.

Base on the chemical analysis, it contains 26,43% water content, 7,11% protein, 59,18% carbohydrate, 6,33% fat, and 0,93% ash. Physical analysis shows bread height, length, and volume which are 56,67 mm, 118,53 mm, and 353,67 cm³ each. Consumer's' reception on the sweet bread ranged from dislike to neutral.

Keywords: Freezing Duration, Frozen dough, RSM, Sweet Bread, Sorbitol



KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan ridho—Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir tepat waktu. Tugas Akhir ini berjudul “Optimasi Penggunaan Sorbitol untuk Meningkatkan Ketahanan Adonan Beku dan Kualitas Roti Manis”. Penyusunan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua yang selalu memberikan doa dan dukungan penuh kepada penulis baik secara moril maupun materiil.
2. Bapak Dr. Sucipto, STP., MP., selaku dosen pembimbing 1 atas dukungan, pengarahan, pertimbangan, dan ilmu pengetahuan.
3. Ibu Nur Lailatul Rahmah, S.Si., M.Si, selaku dosen pembimbing 2 atas masukan dan ilmu pengetahuan.
4. Ibu Dr. Ir. Maimunah Hindun P., MS., selaku dosen penguji atas saran dan masukan yang diberikan.
5. Rif'ani Karima, Nadia Fachyar, Nadya Kilin, dan seluruh teman TIP 2014 atas dukungan dan semangat.
6. Riska Andis, Wahidiyah Putri, Retrinia Nur, Novela Dwi, Dewi, Lili Sekar, Meitasari, Kak Gema Perdana, S.H., Kak Jatmiko dan Keluarga Besar Arssmaga Kota Blitar atas doa, dukungan, dan semangat yang diberikan.

Penulis menyadari adanya keterbatasan dan kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca umumnya dan penulis khususnya.

Malang, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| RINGKASAN | i |
| SUMMARY | iii |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan..... | 3 |
| 1.4 Manfaat..... | 3 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 Roti Manis..... | 5 |
| 2.2 Adonan Beku | 7 |
| 2.3 Bahan Baku Adonan Beku | 8 |
| 2.3.1 Bahan Utama | 8 |
| 2.3.2 Bahan Tambahan..... | 11 |
| 2.4 Proses Pembuatan Adonan Beku | 12 |
| 2.5 Sorbitol..... | 15 |
| 2.6 <i>Response Surface Methodology</i> (RSM) | 18 |
| 2.7 Penelitian Terdahulu | 20 |
| 2.8 Hipotesis | 21 |

| | |
|---|-----------|
| III. METODE PENELITIAN | 23 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan | 23 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 23 |
| 3.3 Batasan Masalah | 23 |
| 3.4 Prosedur Penelitian | 23 |
| 3.5 Rancangan Percobaan | 25 |
| 3.6 Pelaksanaan Penelitian | 26 |
| 3.7 Pengamatan | 31 |
| 3.8 Pengolahan dan Analisis Data | 31 |
| 3.8.1 Analisis Data dengan <i>Desain Expert 7.0</i> | 31 |
| 3.8.2 Validasi Hasil Solusi Optimal | 32 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 33 |
| 4.1 Pembuatan Roti Manis..... | 33 |
| 4.2 Optimasi Konsentrasi Sorbitol dan Lama Pembekuan dengan Desain Komposit Terpusat..... | 37 |
| 4.2.1 Pengaruh Konsentrasi Sorbitol dan Lama Pembekuan Terhadap Pengembangan Adonan | 38 |
| 4.2.1.1 Pemilihan Model | 39 |
| 4.2.1.2 Hasil Analisis Ragam ANOVA..... | 41 |
| 4.2.1.3 Analisis Grafik Permukaan Respon..... | 43 |
| 4.2.2 Pengaruh Konsentrasi Sorbitol dan Lama Pembekuan Terhadap Pengembangan Roti..... | 47 |
| 4.2.2.1 Pemilihan Model | 48 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2.2.2 Hasil Analisis Ragam ANOVA | 50 |
| 4.2.2.3 Analisis Grafik Permukaan Respon | 51 |
| 4.2.3 Pengaruh Konsentrasi Sorbitol dan Lama Pembekuan Terhadap Tingkat Kekerasan Roti | 56 |
| 4.2.3.1 Pemilihan Model..... | 57 |
| 4.2.3.2 Hasil Analisis Ragam ANOVA | 59 |
| 4.2.3.3 Analisis Grafik Permukaan Respon | 61 |
| 4.3 Hasil Optimasi Konsentrasi Sorbitol dan Lama Pembekuan pada Desain Komposit Terpusat | 64 |
| 4.4 Verifikasi Titik Optimum Hasil Prediksi | 65 |
| 4.5 Perbandingan Roti Manis Solusi Optimal dan Roti Manis Komersial | 67 |
| 4.5.1 Analisis Kimia Roti Manis | 67 |
| 4.5.2 Analisis Fisik Roti Manis..... | 69 |
| 4.5.3 Organoleptik Roti Manis | 72 |
| 4.6 Rangkuman Hasil Penelitian | 73 |
| V. KESIMPULAN DAN SARAN..... | 75 |
| 5.1 Kesimpulan | 75 |
| 5.2 Saran | 75 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 77 |
| LAMPIRAN..... | 84 |



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 SNI Roti Manis | 6 |
| Tabel 3.1 Rancangan Percobaan..... | 26 |
| Tabel 3.2 Formulasi Roti Manis..... | 27 |
| Tabel 4.1 Formulasi Roti Manis..... | 33 |
| Tabel 4.2 Hasil Analisis Hubungan Konsentrasi Sorbitol dan Lama Pembekuan terhadap Pengembangan Adonan, Pengembangan Roti dan Tingkat Kekerasan Roti..... | 37 |
| Tabel 4.3 Hasil Analisis <i>Sequential Model Sum of Squares</i> Pengembangan Adonan | 39 |
| Tabel 4.4 Hasil Analisis Uji <i>Lack of Fit</i> Respon Pengembangan Adonan | 40 |
| Tabel 4.5 Hasil Analisis <i>Model Summary Statistics</i> Respon Pengembangan Adonan | 41 |
| Tabel 4.6 Hasil Analisis Ragam ANOVA terhadap Respon Pengembangan Adonan | 42 |
| Tabel 4.7 Hasil Analisis <i>Sequential Model Sum of Squares</i> Pengembangan Roti | 48 |
| Tabel 4.8 Hasil Analisis Uji <i>Lack of Fit</i> Respon Pengembangan Roti | 49 |
| Tabel 4.9 Hasil Analisis <i>Model Summary Statistics</i> Respon Pengembangan Roti | 49 |

| | |
|--|----|
| Tabel 4.10 Hasil Analisis Ragam ANOVA terhadap Respon Pengembangan Roti..... | 50 |
| Tabel 4.11 Reaksi Biokimia Adonan Selama Pemanggangan dalam Oven | 55 |
| Tabel 4.12 Hasil Analisis <i>Sequential Model Sum of Squares</i> Respon Tingkat Kekerasan Roti..... | 57 |
| Tabel 4.13 Hasil Analisis Uji <i>Lack of Fit</i> Respon Tingkat Kekerasan Roti..... | 58 |
| Tabel 4.14 Hasil Analisis <i>Model Summary Statistics</i> Respon Tingkat Kekerasan Roti | 59 |
| Tabel 4.15 Hasil Analisis Ragam ANOVA terhadap Tingkat Kekerasan Roti | 59 |
| Tabel 4.16 Solusi Hasil Komputasi | 64 |
| Tabel 4.17 Prediksi Solusi Optimum, Minimum dan Maksimum..... | 65 |
| Tabel 4.18 Hasil Verifikasi Titik Optimal..... | 66 |
| Tabel 4.19 Hasil Analisis Kimia Roti Manis | 67 |
| Tabel 4.20 Hasil Analisis Fisik Roti Manis..... | 69 |
| Tabel 4.21 Penampakan Roti Manis Solusi Optimal dan Kontrol..... | 70 |
| Tabel 4.22 Uji Organoleptik Roti Manis..... | 72 |
| Tabel 4.23 Rangkuman Hasil Penelitian | 73 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Struktur Kimia Sorbitol..... | 16 |
| Gambar 3.1 Prosedur Penelitian | 24 |
| Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Adonan Beku | 29 |
| Gambar 3.3 Diagram Alir Pembuatan Roti Manis..... | 30 |
| Gambar 4.1 Proses Pembuatan Roti Manis | 35 |
| Gambar 4.2 Bentuk Fisik Adonan Beku | 39 |
| Gambar 4.3 <i>Normal Plot of Residuals</i> Respon Pengembangan Adonan..... | 44 |
| Gambar 4.4 Grafik Respon Pengembangan Adonan | 45 |
| Gambar 4.5 Bentuk Fisik Pengembangan Roti | 48 |
| Gambar 4.6 <i>Normal Plot of Residuals</i> Respon Pengembangan Roti..... | 52 |
| Gambar 4.7 Grafik Respon Pengembangan Roti | 53 |
| Gambar 4.8 Titik Pengukuran Tingkat Kekerasan Roti..... | 57 |
| Gambar 4.9 <i>Normal Plot of Residuals</i> Tingkat Kekerasan Roti..... | 61 |
| Gambar 4.10 Grafik Respon Tingkat Kekerasan Roti..... | 62 |



DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|-----|
| Lampiran 1 Batas Maksimum Penggunaan Sorbitol..... | 84 |
| Lampiran 2 Prosedur Analisis | 89 |
| Lampiran 3 Lembar Kuisisioner Uji Organoleptik | 94 |
| Lampiran 4. Perhitungan Konsentrasi Sorbitol | 95 |
| Lampiran 5. Hasil Pemilihan Model Respon Pengembangan Adonan | 97 |
| Lampiran 6. Hasil ANOVA Respon Pengembangan Adonan..... | 98 |
| Lampiran 7. Hasil Pemelihan Model Respon Pengembangan Roti..... | 99 |
| Lampiran 8. Hasil ANOVA Respon Pengembangan Roti | 100 |
| Lampiran 9. Hasil Pemilihan Model Respon Tingkat Kekerasan Roti..... | 101 |
| Lampiran 10. Hasil ANOVA Respon Tingkat Kekerasan Roti..... | 102 |
| Lampiran 11. Hasil Solusi Optimal | 103 |
| Lampiran 12. Data Organoleptik Aroma Roti Manis | 104 |
| Lampiran 13. Data Organoleptik Rasa Roti Manis..... | 105 |
| Lampiran 14. Data Organoleptik Warna Roti Manis | 106 |
| Lampiran 15. Data Organoleptik Tekstur Roti Manis | 107 |
| Lampiran 16. Data Analisis Kimia Roti Manis..... | 108 |
| Lampiran 17. Dokumentasi Penelitian..... | 109 |

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Roti merupakan salah satu produk yang populer dikalangan masyarakat, salah satunya roti manis. Roti manis adalah roti yang mempunyai cita rasa manis yang menonjol, bertekstur empuk dan diberi bermacam-macam isi. Roti manis tersebut umumnya disantap sebagai kudapan (*snack*), hidangan sarapan yang istimewa pada hari raya tertentu. Ada juga roti manis disajikan sebagai makanan penutup (*dessert*). Roti manis masih menjadi kegemaran konsumen karena bentuknya variatif dan praktis (Mudjajanto dan Yuliati, 2013). Saat ini, produsen roti manis mengembangkan metode adonan beku untuk mempermudah proses penyimpanan dan distribusi (Syarbini, 2013). Kelebihan adonan beku antara lain dapat diproduksi tersentralisasi, mudah dalam distribusi, dan umur simpan produk lebih panjang (Soekotjo, 2010). Meskipun demikian adonan beku memiliki kelemahan yakni selama distribusi suhu penyimpanan semakin naik menyebabkan adonan beku mudah lembek dan mengembang. Selain itu, pembekuan dapat merusak jaringan gluten akibat adanya pembentukan kristal es yang dapat menurunkan volume pengembangan karena kerusakan sel khamir. Hal tersebut masih menjadi permasalahan bagi perusahaan yang menerapkan metode adonan beku.

Upaya peningkatan kualitas adonan beku agar tidak mudah lembek dan mengembang selama distribusi salah satunya adalah penggunaan sorbitol. Sorbitol banyak digunakan sebagai bahan baku industri, bahan konsumsi, dan makanan seperti pasta gigi, permen, kosmetika, farmasi, dan vitamin C. Pembuatan sorbitol dari tepung tapioka (Dewi dkk., 2014). Sorbitol memberikan rasa manis dan berfungsi sebagai *texturing humectant agent*. Sorbitol memiliki tingkat kemanisan sekitar 60% dari tingkat kemanisan sukrosa, memiliki kesan halus dan manis, sejuk di mulut (Rumohorbo dkk., 2015). Sifat sorbitol selama penyimpanan beku dapat mengikat air lebih kuat

sehingga elastisitas dapat terjaga. Sorbitol bereaksi dengan protein serta merupakan *cryoprotectant* pada bahan makanan. Sehingga penambahan sorbitol dapat mencegah adonan mengalami denaturasi protein akibat kristal es.

Pengaruh konsentrasi sorbitol terhadap kadar air yaitu semakin tinggi konsentrasi sorbitol maka semakin banyak air terikat sehingga penguapan air semakin kecil menyebabkan kadar air bahan tinggi, hal ini dikarenakan sorbitol bersifat humektan (Syafutri dkk., 2010). Sorbitol dapat mengurangi penguapan dan menjaga adonan agar terjaga teksturnya dalam jangka waktu lama. Selain itu, kualitas roti dari adonan beku dipengaruhi oleh formulasi adonan dan parameter proses seperti waktu pengadukan adonan, laju pembekuan, lama penyimpanan dan laju proses *thawing*. Adonan beku tidak dapat terlepas dari penyimpanan beku untuk mempertahankan kesegaran produk. Suhu pembekuan mengakibatkan volume pengembangan menurun, kekerasan meningkat karena kadar air menurun. Suhu pembekuan -20°C dapat menurunkan kadar air dan volume spesifik serta meningkatkan *firmness* (Mardiah dkk., 2014). Apabila suhu terlalu rendah maka mengakibatkan kerusakan protein akibat pembentukan kristal es sehingga adonan tidak mengembang secara optimal.

Berdasar permasalahan di atas perlu dilakukan optimasi konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan. Adapun dalam pembuatan adonan beku dilakukan optimasi konsentrasi sorbitol untuk mendapatkan adonan beku yang tahan kerusakan akibat terbentuknya kristal es selama proses pembekuan dan tidak mudah lembek saat distribusi. Optimasi lama pembekuan dilakukan untuk mempertahankan kesegaran produk selama penyimpanan beku. Optimasi konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan dilakukan agar diperoleh kombinasi optimal untuk mendapatkan hasil respon optimal pula. Respon yang ditentukan yaitu pengembangan adonan selama 45 menit dalam suhu ruang, pengembangan roti dan tingkat kekerasan roti. Pengembangan untuk mengetahui kapasitas pengembangan adonan selama 45 menit dan kapasitas pengembangan roti. Tingkat kekerasan roti untuk mengetahui kualitas kekerasan roti dengan perlakuan yang berbeda. Teknik optimasi yang

digunakan adalah *Response Surface Methodology*. RSM merupakan alat optimasi yang memungkinkan untuk mendapatkan penjelasan yang menyeluruh mulai dari desain penelitian, pengolahan data dan solusi optimal (Nuryanti dan Salimy, 2008).

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kombinasi konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan yang optimal untuk mendapatkan adonan beku yang memiliki ketahanan terhadap peningkatan suhu dan kerusakan akibat kristal es?
2. Bagaimana karakteristik dari solusi optimal yang dipilih sebagai roti manis yang berkualitas?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan penelitian adalah untuk:

1. Memperoleh kombinasi konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan optimal untuk mendapatkan adonan beku yang tahan terhadap peningkatan suhu dan kerusakan akibat kristal es selama distribusi.
2. Mengetahui karakteristik solusi terpilih untuk roti manis yang berkualitas.

1.4 Manfaat

Manfaat penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mampu memberikan data dan informasi kombinasi optimal antara konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan untuk meningkatkan ketahanan adonan beku dan kualitas roti manis.
2. Mampu memberikan informasi kepada perusahaan sebagai salah satu upaya penyelesaian masalah.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Roti Manis

Roti adalah produk makanan hasil fermentasi tepung terigu dengan ragi atau bahan pengembang lain, kemudian dipanggang. Awalnya, roti dibuat dari bahan sederhana dengan cara pembuatan sederhana pula. Caranya yaitu dengan menggiling gandum menjadi terigu murni dan dicampur air, kemudian dibakar di atas batu panas atau *oven*. Seiring perkembangan teknologi, tercipta roti yang bervariasi baik dari segi ukuran, penampilan, bentuk, tekstur, rasa dan bahan pengisinya. Hal itu karena ada pengaruh perkembangan pembuatan roti meliputi bahan baku, proses pencampuran, dan metode pengembangan adonan (Mudjajanto dan Yuliati, 2013). Resep standar roti manis yaitu tepung terigu cakra 1000 gr, telur 2 butir, *yeast instant* 20 gr, *bread improver* 5 gr, garam 15 gr, susu bubuk 50 gr, gula pasir 250 gr, *margarine* 150 gr dan air dingin 450 gr/cc (Rasyad dkk., 2004). Roti berkualitas baik ditentukan beberapa hal diantaranya kandungan protein dan kualitas gluten, kandungan abu, warna dan ukuran partikel terigu, pemilihan bahan baku yang baik dan pemilihan proses pengolahan yang tepat.

Masa penyimpanan dihitung sejak roti selesai diproduksi sampai produk diterima konsumen. Pada masa ini, roti dipastikan dalam kondisi baik. Setelah waktu 204 hari, roti bisa mengalami penurunan mutu baik tekstur, rasa dan warna. Roti tertentu dengan kandungan bahan segar seperti roti isi salad atau roti isi *burger* rusak setelah 24 jam. Setelah masa simpan, aroma roti menjadi tengik, kulit lembab dan lengket, tekstur menjadi keras, timbul bercak hitam serta tumbuh kapang dan jamur. Adapun syarat penyimpanan roti harus terpenuhi, agar daya simpan lebih lama salah satunya, roti disimpan dalam kemasan agar tidak terkontaminasi mikroorganisme pembusuk. Kemasan menjaga kelembaban roti sehingga tekstur permukaan roti tetap lembut dan empuk. Tempat untuk menjaga kelembaban roti yaitu di ruangan sejuk dan kering ($RH < 80^{\circ}\text{C}$)

dengan suhu dibawah 30°C. Ruangan lembab dan panas akan mempercepat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk dan jamur. Tempat penyimpanan harus terjaga kesehatan dan kebersihannya, serta tidak ada serangga, seperti semut, kecoa atau lalat, sistem penyimpanan FIFO (*first in first out*) atau produk yang lebih dahulu disimpan harus keluar terlebih dulu (Sutomo, 2007). Sifat adonan gandum dan perlakuan selama proses pembuatan roti manis ditentukan oleh dua faktor utama yaitu, 1. perilaku reologi adonan berdasar keseimbangan antara sifat elastis dan viskositas molekul dan 2. distribusi dan stabilitas gelembung udara saat pembentukan adonan dan kemudian berkembang dengan pengaruh fermentasi. Kedua faktor ini terkait dengan formula dan komponen dasar gandum, air, ragi, garam, gula dan lemak, yang juga saling mempengaruhi (Dvorakova *et al.*, 2011). Tabel SNI roti manis dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 SNI Roti Manis

| Kriteria Uji | Satuan | Persyaratan |
|----------------------------------|-------------------|---------------------|
| 1. Keadaan | | |
| Kenampakan | - | Normal tak berjamur |
| Bau | - | Normal |
| Rasa | - | Normal |
| 2. Air | % b/b | Maksimal 40 |
| 3. Abu (tak termasuk garam) | % b/b | Maksimal 1 |
| 4. Abu yang tak larut dalam asam | % b/b | Maksimal 3,0 |
| 5. NaCl | % b/b | Maksimal 2,5 |
| 6. Gula | % b/b | - |
| 7. Lemak | % b/b | - |
| 8. Serangga | % b/b | Tidak boleh ada |
| 9. Bahan tambahan makanan | Sesuai dengan SNI | |
| Pengawet | | |
| Pewarna | | |
| Pemanis buatan | | |
| Natrium Siklamat | | Negatif |

Tabel 2.1 SNI Roti Manis (Lanjutan)

| Kriteria Uji | Satuan | Persyaratan |
|----------------------|---------------|--------------------|
| 10. Cemarkan logam | mg/kg | Negatif |
| Raksa | mg/kg | Maksimal 0,05 |
| Timbel | mg/kg | Maksimal 1,0 |
| Tembaga | mg/kg | Maksimal 10,0 |
| Seng | mg/kg | Maksimal 40,0 |
| 11. Cemarkan mikroba | | |
| Angka lempeng total | koloni/g | Maksimal 10^6 |
| <i>E. coli</i> | APM/g | <3 |
| Kapang | koloni/g | Maksimal 10^4 |

Sumber: Badan Standarisasi Nasional 2000

2.2 Adonan beku

Adonan beku adalah adonan hasil pembekuan. Adonan beku umumnya digunakan pada produk bakeri seperti roti, pizza, rolls, dan lain-lain. Bahan-bahan yang dicampurkan dalam pembuatan adonan beku sama seperti adonan produk bakeri tanpa proses pembekuan. Perbedaannya hanya terletak pada ada atau tidaknya pembekuan sebelum adonan di panggang (Soekotjo, 2010). Adonan beku sebaiknya menggunakan tepung terigu dengan kandungan protein berkisar 12-14 %. Jumlah dan kualitas protein berpengaruh terhadap sifat penyerapan air yang ditunjukkan oleh kemampuan tepung menyerap dan menahan air dari pencampuran adonan sampai ke pemanggangan akhir. Selain itu, kandungan protein tinggi dalam tepung terigu akan meningkatkan kemampuan memerangkap dan menjaga gas karbondioksida sehingga volume roti besar (Jinhee, 2008).

Pembekuan adonan memungkinkan produksi terpusat, kemudian adonan dapat dipanggang di *outlet*. Hal ini dapat mengurangi kebutuhan peralatan. Pembekuan adonan juga memungkinkan masuk ke dalam pasar yang lebih luas. Sebagai contoh, adonan beku dan roti panggang mempunyai peluang sebagai penjualan eceran di United Kingdom. Lama penyimpanan roti beku yaitu selama 10 minggu pada suhu -18°C menunjukkan beberapa masalah. Keadaan ini

mengakibatkan pembentukan cincin putih. Cincin tersebut merupakan kombinasi perpindahan air dan sublimasi pada komponen air murni (Kennedy, 2000). Kualitas adonan beku roti menurun secara bertahap selama penyimpanan. Hilangnya kualitas roti diidentifikasi sebagai akibat menurunnya viabilitas *yeast* dan aktivitas ragi menyebabkan penurunan ketahanan adonan. Selama penyimpanan beku, ketahanan adonan berkurang secara bertahap karena penurunan gluten oleh rekritisasi dan redistribusi es air terikat dalam adonan. Perbaikan dapat dilakukan salah satunya menggunakan *improver* (Punturing and Netiwaranon, 2013).

2.3 Bahan Baku Adonan Beku

2.3.1 Bahan Utama

a. Tepung Terigu

Tepung terigu adalah tepung yang terbuat dari endisperma biji gandum *Triticum aestivium* L. dan/atau *Triticum compactum* Host atau campuran keduanya dengan penambahan Fe, Zn, Vitamin B1, Vitamin B2 dan asam folat sebagai fortifikan (SNI 01-3751-2—006). Terdapat beberapa jenis tepung yang dijual di pasaran sebagai berikut (Wibowo dan Handayani, 2014).

1. Tepung terigu protein rendah (*soft wheat*)

Tepung ini mengandung protein gluten antara 8-9%. Tepung jenis ini cocok digunakan untuk membuat adonan kue kering.

2. Tepung terigu protein sedang (*medium wheat*)

Tepung ini memiliki kandungan protein gluten sekitar 10-11%. Tepung jenis ini biasa digunakan untuk membuat *cake*, *bakpau*, *muffin* dll.

3. Tepung terigu protein tinggi (*hard wheat*)

Tepung ini memiliki kandungan protein antara 11-13%. Tepung jenis ini cocok untuk membuat adonan yang memerlukan pengembangan tinggi seperti roti, pasta atau mi. Kandungan protein gluten yang tinggi akan membuat adonan elastis, kenyal dan ber serat halus sehingga cocok untuk membuat roti.

b. Ragi (Yeast)

Menurut Mutdani (2010), ragi adalah *Saccharomyces cerevisiae* (sejenis jamur) tumbuhan bersel tunggal umumnya terdapat di udara bebas di mana terdapat zat gula. Ragi berfungsi untuk mengembangkan adonan serta membangkitkan aroma dan rasa. Semua itu disebabkan oleh fermentasi yang menghasilkan gas CO₂, asam dan alkohol. Asam berfungsi untuk membuat adonan menjadi lunak supaya mudah dibentuk setelah tahap 'istirahat'. Jika ragi digunakan terlalu banyak dapat membuat roti mudah mengembang, volume roti terlalu besar dan aroma roti menjadi asam. Alkohol akan memberi aroma pada roti. Terdapat tiga jenis ragi yang lazim dipakai dalam pembuatan roti yaitu (Dean, 2007):

1. *Compressed fresh yeast* (ragi basah), mengandung sekitar 70% air
2. *Active dry yeast* (ragi korels), mengandung sekitar 7% air
3. *Instant yeast* (ragi instan/ragi dadak), mengandung sekitar 2%. Ragi ini sering dipilih karena praktis, langsung digunakan dalam adonan.

c. Gula

Gula berfungsi sebagai makanan ragi selama proses fermentasi. Proses ini disebabkan oleh enzim zymase. Residu gula yang tidak habis difermentasi akan menghasilkan rasa manis dan warna coklat keemasan pada kulit roti. Proses pewarnaan kulit saat dipanggang dalam oven disebabkan karena pembentukan karamel dari gula (karamelisasi) (Mutdani, 2010). Gula diklasifikasikan menjadi *simple sugar* (biasanya disebut *single sugar monossacharida*, yaitu jenis gula yang dapat diurai langsung oleh enzim *yeast*. Gula jenis *compound* yaitu sukrosa (gula pasir). Terlalu banyak menggunakan gula, akan memperlambat proses fermentasi, tepung terigu sedikit menyerap air sehingga proses pengadukan lebih lama dan makin cepat kulit roti bewarna cokelat (Dean, 2007).

d. Air

Pembuatan roti memerlukan air untuk melarutkan semua bahan kering agar menjadi adonan. Protein (gliadin dan glutenin) bercampur dengan air akan diubah menjadi gluten (Mutdani, 2010). Selain itu, air berperan mengontrol kepadatan

adonan, melarutkan garam, menahan dan menyebarkan bahan-bahan bukan tepung secara seragam, membasahi dan mengembangkan pati serta memungkinkan terjadi aktivitas enzim. Jumlah air yang digunakan tergantung pada kekuatan tepung dan proses yang digunakan. Faktor-faktor yang terlibat pada proses penyerapan air antara lain macam dan jumlah protein sebanyak 45,5% air akan berikatan dengan pati, 32,2% berikatan dengan protein dan 23,4% berikatan dengan pentosan. Banyak air yang digunakan menentukan mutu roti yang dihasilkan (Koswara, 2009).

Menurut Kupriannoff (1958), terdapat empat kemungkinan bentuk keterikatan air dalam bahan pangan yang dipengaruhi komposisi kimia dan struktur fisika bahan:

1. Air bebas yang terdapat dalam bentuk murni sebagai permukaan, air ini tidak termasuk sebagai komponen produk tetapi berasal dari luar seperti kondensasi dan lain-lain. Air tersebut dapat dikelompokkan sebagai air bebas selama tidak bercampur atau bereaksi pada komponen permukaan bahan.
2. Air yang terikat secara kimiawi pada beberapa jenis garam, air jenis ini bisa dalam bentuk ikatan valensi (contoh NaOH) atau sebagai hidrat (contoh: $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Air yang terikat secara kimia ini tidak dapat dilepaskan dengan proses pangan dengan menggunakan metoda biasa.
3. Air yang teradsorpsi membentuk lapisan tipis mono atau polimolekular pada permukaan internal atau eksternal produk akibat adanya gaya tarik antar molekul, atau terakumulasi di dalam pori - pori halus karena kondensasi kapiler.
4. Air hidratasi yaitu air yang teradsorpsi oleh substansi koloid yang menyebabkan pembengkakan massa gel, kondisi ini dapat terjadi karena karakter dipolar dari air.
- e. Garam

Garam ditambahkan dalam adonan untuk memberikan rasa gurih, meningkatkan citarasa dan aroma, meningkatkan eksensibilitas adonan, mengendalikan aktivitas ragi pada proses fermentasi serta meningkatkan daya simpan roti untuk waktu tertentu (Mutdani, 2010). Garam adalah suatu bahan pengeras, sehingga tidak membuat roti basah. Garam mengatur aktivitas

ragi roti dalam adonan yang sedang difermentasi, sehingga mengatur tingkat fermentasi. Selain itu, garam mencegah pertumbuhan bakteri yang tidak diinginkan dalam adonan (Koswara, 2009).

2.3.2 Bahan Tambahan

a. Mentega

Mentega ditambahkan dalam adonan sebagai pelumas adonan saat pengadukan. Mentega terbuat dari lemak susu dengan kandungan lemak sekitar 80-99% dan air 10%. Mentega asin mengandung 1-3% garam, 1-5% udara yang tergabung dalam udara selama proses pembuatan (Chan, 2008). Mentega berfungsi sebagai bahan pengempuk, membangkitkan rasa lezat, membantu menahan gas yang terbentuk, membuat volume roti menjadi lebih baik serta mempermudah pemotongan. Mentega juga sumber kalori dan gizi yang baik (Koswara, 2009).

b. Telur

Telur dalam pembuatan roti digunakan untuk memberi rasa lezat dan nilai nutrisi dan melembutkan zat gluten sehingga roti menjadi empuk (Dean, 2007). Selain itu, telur berfungsi untuk meningkatkan nilai gizi, memberikan rasa yang lebih enak dan membantu melembutkan jaringan zat gluten karena adanya lesitin dalam telur yang mengakibatkan roti menjadi lebih empuk (Koswara, 2009). Jika hanya ingin memperkuat adonan, maka hanya putih telur yang ditambahkan. Sedangkan kuning telur ditambahkan untuk mendapat warna yang menarik. Secara keseluruhan telur berperan sebagai zat pengemulsi. Lesitin merupakan *emulsifier* alami pada telur yang dapat mengikat lemak (Ko, 2012).

c. Susu

Susu dalam pembuatan roti digunakan untuk membentuk flavor, mengikat air, sebagai bahan pengisi, membentuk struktur yang kuat dan porous karena adanya protein berupa kasein. Susu mengandung kasein, gula laktosa, dan mineral kalsium. Susu memberikan efek warna kulit karena kandungan protein dan gula serta memperkuat gluten karena kandungan kalsium

(Koswara, 2009). Penggunaan susu secara berlebihan akan memperlambat proses fermentasi serta membuat warna kulit roti cepat menjadi cokelat. Susu evaporated dapat digunakan untuk memoles roti agar didapatkan warna kulit roti yang indah (Dean, 2007).

d. *Bread Improver*

Bread improver ditambahkan agar roti memiliki serat yang halus, empuk dan volume roti lebih besar. Hal ini dikarenakan *bread improver* mengandung *bread emulsifier* dan enzim. Pemakaian *bread improver* pada umumnya $\pm 0,5\%$ - 1% per kilogram tepung terigu dalam resep (Dean, 2007). *Bread improver* akan meningkatkan daya tarik menarik antara butir-butir pati sehingga sebagian gas dalam adonan dipertahankan. Dengan demikian, adonan akan cukup mengembang sehingga diperoleh roti dengan volume yang besar (Koswara, 2009).

2.4 Proses Pembuatan Adonan Beku

Proses pembuatan adonan beku terdiri dari beberapa tahap yakni penimbangan bahan-bahan, pencampuran, pembagian adonan, *rounding*, *molding* dan pembekuan. Apabila ingin membuat roti dari adonan beku maka proses lanjutannya yaitu *thawing* adonan beku, *proofing* dan pemanggangan. Penimbangan dilakukan secara tepat menggunakan alat bantu timbangan atau alat ukur, kekurangan atau kelebihan dalam penimbangan berdampak pada kualitas adonan. Pencampuran digunakan untuk mendistribusikan bahan-bahan supaya merata dan memaksimalkan pembentukan gluten. Pencampuran dianggap selesai bila adonan sudah kalis yaitu lembut, elastis, kering serta resisten terhadap peregangan (tidak mudah sobek). Menurut Koswara (2009), terdapat 2 macam metode pencampuran:

a. Metode *Sponge and Dough*

Metode pencampuran ini terdiri dari pembuatan *sponge* (babon) dan pembuatan *dough* (adonan). Pada metode ini, sebagian tepung dan air, semua ragi dan garam dicampur menjadi babon. Babon difermentasi 3-6 jam kemudian dicampur bahan lainnya. Kelebihan metode ini yaitu memiliki

toleransi tinggi jika ada *over fermentation*, ada kesempatan mengoreksi kesalahan, volume lebih besar, dan umur simpan roti lebih lama. Adapun kelemahannya yaitu kehilangan air lebih banyak saat fermentasi dan membutuhkan banyak alat, perawatan, dan tenaga kerja.

b. Metode *Straight Dough*

Pada metode ini seluruh bahan dicampur bersamaan atau bertahap dalam suatu campuran tunggal. Kelebihan metode ini yaitu membutuhkan sedikit peralatan dan tenaga, kehilangan berat saat fermentasi sedikit dan waktu produksi pendek. Adapun kelemahannya yaitu toleransi terhadap waktu fermentasi lebih pendek dan kesalahan dalam pengadukan tidak dapat diperbaiki.

Rounding digunakan agar tidak banyak gas yang menguap atau hilang, sehingga pada saat pembentukan adonan memberikan hasil yang baik. *Molding* digunakan untuk pembentukan adonan sesuai dengan bentuk dan selera masing-masing, agar tidak lengket maka ditaburi tepung terigu pada meja atau tangan. Pembekuan dilakukan dengan *freezer*, pembekuan menggunakan suhu rendah untuk memperkecil ukuran kristal es. Pembekuan dapat meningkatkan umur simpan adonan dan mempermudah dalam proses distribusi (Soekotjo, 2010).

Penyimpanan beku merupakan salah satu metode untuk mempertahankan kesegaran produk. Melalui penyimpanan beku ketersediaan dan kesinambungan industri pengolahan pangan tetap terjaga. Hasil penelitian menyatakan penyimpanan beku surimi pada suhu -15°C selama 0, 1, 2, 3 dan 4 minggu. Lama waktu penyimpanan berpengaruh nyata terhadap perubahan kadar air yang dihasilkan. Hasil uji selama 3 minggu menunjukkan adanya peningkatan kadar air karena proses denaturasi protein yang dapat membebaskan air selama penyimpanan beku. Meningkatnya kadar air mengakibatkan bakso berkurang kekenyalannya. Pembekuan melibatkan faktor yang berbeda dalam konversi air menjadi es (Uju, 2016). Faktor termodinamika yang menjelaskan sistem di bawah kondisi ekuilibrium dan faktor kinetik yang menggambarkan tingkat keseimbangan terdekat. Pembekuan termasuk dua proses

berturut-turut, pembentukan kristal es dan kemudian meningkatkan ukuran kristal (Sun, 2012).

Penentuan penyimpanan beku akan dioperasikan secara *batch* atau secara kontinyu (tergantung pada skala produksi dan jumlah jenis produk yang akan dibekukan). Pembekuan cepat menghasilkan kristal-kristal es yang berukuran lebih kecil. Oleh karena itu, semakin cepat laju pembekuan maka semakin kecil ukuran kristal-kristal es yang terbentuk, sehingga tidak merusak sel dan tekstur produk pangan. Di samping itu, dengan laju pembekuan yang lebih cepat berarti pula terjadi peningkatan laju produksi dari mesin *freezer* (Patpi, 2007). Pembekuan dapat merusak jaringan gluten akibat adanya pembentukan kristal es. Semakin lama disimpan dalam suhu rendah volume pengembangan akan menurun, kekerasan meningkat karena kadar air menurun. Hasil penelitian Mardiah dkk. (2014), menunjukkan bahwa perbedaan lama penyimpanan beku pada suhu $-20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ menurunkan kadar air dan volume spesifik, meningkatkan *firmness* serta kesukaan panelis. Namun, tidak mempengaruhi kadar gula total, kesukaan panelis terhadap *firmness* dan kerenyahan. Oleh karena, lama pembekuan yang optimal diperlukan agar dapat menjaga kesegaran adonan dan tidak merusak sel *yeast* sehingga kualitas roti manis akan tetap terjaga.

Volume spesifik produk roti dari adonan beku menurun dengan semakin lama waktu pembekuan. Selain itu, semakin banyak jumlah *yeast* dan *emulsifier* maka volume spesifik akan semakin tinggi (Soekotjo, 2010). Lama waktu pembekuan tersebut dapat berdampak pada kerusakan sel *yeast* akibatnya jumlah *yeast* berkurang. Volume spesifik dipengaruhi jumlah *yeast*, semakin banyak *yeast* maka volume semakin besar dan demikian pula sebaliknya semakin sedikit *yeast* volume semakin kecil. Berdasarkan jumlah *yeast* maka tingkat pengembangan perlu diukur untuk mengetahui lama pembekuan optimal untuk mendapatkan adonan beku terbaik. Selain itu, lama pengembangan adonan diukur untuk mengetahui penambahan sorbitol yang optimal untuk mendapatkan ketahanan adonan beku yang terbaik. Pengukuran tingkat pengembangan dan lama pengembangan digunakan untuk mendapatkan ketahanan

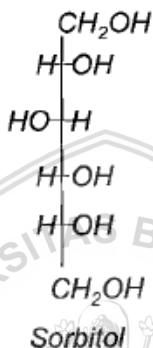
adonan beku dan kualitas roti manis yang terbaik setelah diberi perlakuan (Shaumi, 2016).

2.5 Sorbitol

Sorbitol atau D-Sorbitol atau D-Glucitol atau D-Sorbite adalah monosakarida poliol dengan rumus kimia $C_6H_{14}O_6$. Sorbitol berupa senyawa berbentuk granul atau kristal dan berwarna putih dengan titik leleh berkisar antara $89^{\circ}C$ sampai dengan $101^{\circ}C$, higroskopis dan manis. Sorbitol memiliki tingkat kemanisan relatif sama dengan 0,5 kali sampai 0,7 kali tingkat kemanisan sukrosa dengan nilai kalori sebesar 2,6 kkal/g atau setara dengan 10.87 kJ/g (SNI 01-6993-2004). Penggunaannya pada suhu tinggi tidak ikut berperan dalam reaksi pencoklatan. Sorbitol berfungsi sebagai bahan pengisi, mencegah terbentuknya kristal pada sirup. Sorbitol banyak digunakan sebagai bahan baku untuk industri barang konsumsi dan makanan seperti pasta gigi, permen, kosmetika, farmasi, vitamin C, termasuk industri tekstil dan kulit. Pembuatan sorbitol dari bahan baku tepung tapioka (Dewi dkk., 2014). Batas maksimal penambahan sorbitol dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

Larutan sorbitol bersifat higroskopik, menarik dan melepaskan kelembaban di bawah kondisi kelembaban yang bervariasi, tapi sangat lambat. Lambatnya perubahan tersebut mengubah kandungan uap untuk melindungi produk makanan. Sorbitol secara luas diterima oleh industri makanan dan obat-obatan sebagai bahan bernutrisi karena kemampuannya untuk meningkatkan rasa dan umur simpan makanan dan produk spesial untuk diet. Sorbitol merupakan *cryoprotectant* yang efektif karena dapat menurunkan titik beku air, dan mencegah kerusakan tekstur dengan mempertahankan keseimbangan kelembaban. Kristal sorbitol dapat digunakan secara tunggal maupun kombinasi dengan sukrosa (Nabors, 2010). Larutan sorbitol sangat efektif untuk meningkatkan rasa dan sebagai *cryoprotectant*. Sorbitol di Indonesia diproduksi dari tepung singkong yang termasuk keluarga *Euphorbiaceae*. Selain itu sorbitol juga ditemui pada alga merah yang mengandung 13,6%. Tanaman beri dari spesies *Sorbus Americana*

mengandung 10% sorbitol. Famili *Rosaceae* seperti pir, apel, ceri, dan aprikot, juga mengandung sorbitol. Sorbitol diproduksi dalam jaringan tubuh manusia merupakan hasil katalisasi dari D-glukosa oleh enzim *aldose reductase* yang mengubah struktur aldehyd dalam molekul glukosa menjadi alkohol (CH_2OH) (Soesilo dkk., 2005). Struktur kimia sorbitol ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Struktur Kimia Sorbitol
Sumber: (Nabors, 2010)

Sorbitol dikenal juga sebagai glusitol, adalah suatu gula alkohol yang dimetabolisme lambat di dalam tubuh. Sorbitol diperoleh dari reduksi glukosa, mengubah gugus aldehyd menjadi gugus hidroksil, sehingga dinamakan gula alkohol. Sorbitol termasuk golongan GRAS (*Generally Recognized as Safe*), sehingga aman dikonsumsi manusia, tidak menyebabkan karies gigi dan sangat bermanfaat sebagai pengganti gula bagi penderita diabetes diet rendah kalori. JECFA (*Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*) menyatakan sorbitol merupakan bahan tambahan pangan yang aman untuk dikonsumsi manusia. CAC (*Codex Alimentarius Commission*) mengatur maksimum penggunaan sorbitol pada berbagai produk pangan berkisar antara 500 mg/kg sampai dengan 200.000 mg/kg produk dan sebagian digolongkan sebagai GMP/CPBP. Sorbitol mempunyai banyak keuntungan, dapat digunakan dalam makanan karbonasi dan nonkarbonasi, minuman bernutrisi, dan cairan *pharmaceutic*. Sorbitol dapat

digunakan secara tunggal atau bersama larutan lain. Selain itu sorbitol dapat digunakan sebagai *cryoprotectant* dan air pada titik beku. Kemampuannya tersebut memberi formula untuk melindungi dari kerusakan selama penyimpanan suhu rendah. Selain itu, sorbitol membantu mengeliminasi kristalisasi dan efek tidak diinginkan dengan membangun sistem padatan kompleks (Nabors, 2010).

Sorbitol memberikan pengaruh berbeda sangat nyata terhadap kadar air pada manisan kering pepaya. Konsentrasi sorbitol semakin tinggi maka kadar air semakin rendah. Sorbitol adalah humektan yang merupakan agensia pengikat air dalam makanan (Labuza dan Erdman, 1984; Rumohorbo, 2015). Semakin tinggi konsentrasi sorbitol, maka semakin banyak air terikat sehingga penguapan air semakin kecil yang menyebabkan kadar air tinggi hal ini karena sorbitol bersifat humektan. Humektan merupakan suatu bahan yang dapat mempertahankan serta dapat menurunkan aktivitas air, sehingga dapat melindungi produk dari pemanasan dan menjaga kesegaran produk (Soerarti dkk., 2004). Berdasarkan penelitian menyatakan bahwa pada pembuatan *jelly* terdapat perlakuan sorbitol dan sari ubi jalar. Sorbitol dan sari ubi jalar ditimbang berdasarkan taraf perlakuan yaitu (50%:50%), (60%:40%), (70%:30%) dan (80%:20%), berdasarkan perlakuan tersebut diperoleh mutu terbaik yaitu perbandingan sorbitol dan sari ubi jalar 60%:40%. Pemilihan tersebut berdasarkan nilai organoleptik rasa dan tekstur yang paling disukai panelis (Sari dkk., 2016).

Menurut penelitian Hidayati dkk. (2014) diketahui bahwa gliserol dan sorbitol banyak digunakan sebagai *plasticizer* karena stabilitasnya dan tidak beracun. Keduanya dapat mengurangi kerapuhan, meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan terutama disimpan pada suhu rendah. Penggunaan sorbitol sebagai *plasticizer* lebih efektif sehingga dihasilkan film dengan permeabilitas O_2 lebih rendah dibanding menggunakan gliserol. Penelitian lain oleh Aminudin dkk. (2013) menyatakan masalah lain terjadi pada surimi ikan yang disimpan pada suhu $-5^{\circ}C$ yaitu kekuatan gel menurun seiring lama dan suhu penyimpanan. Peneliti memberikan perlakuan penambahan

sorbitol dengan variasi konsentrasi yaitu 3%, 4% dan 5%. Penambahan sorbitol karena merupakan turunan glukosa yang memiliki sifat dapat mengikat air, protein, memperbaiki tekstur dan sebagai pengawet. Selain itu, sorbitol memiliki sifat menambah kekenyalan dan mempengaruhi tingkat kekerasan pada surimi. Oleh karena itu, penambahan sorbitol dapat meningkatkan ketahanan dan mencegah kerusakan mikrobiologis.

2.6 Response Surface Methodology (RSM)

Response Surface Methodology (RSM) merupakan sekumpulan teknik matematika dan statistika untuk menganalisis permasalahan dimana beberapa variabel independen mempengaruhi variabel respon dan tujuan akhirnya adalah untuk mengoptimalkan respon. Ide dasar metode ini adalah memanfaatkan desain eksperimen berbantuan statistika untuk mencari nilai optimal dari suatu respon (Nuryanti dan Salimy, 2008). Penerepan RSM paling luas adalah dalam dunia industri, pada sebagian situasi dimana beberapa variabel berpotensi mempengaruhi pengukuran atau karakteristik dari kualitas produk maupun proses. Pengukuran kinerja atau karakteristik kualitas disebut sebagai respon. Pengukuran pada RSM tergantung pada skala berkelanjutan, walaupun atribut respon, peringkat dan respon sensori tidak biasa. Variabel masukan terkadang disebut dengan variabel independen, sebagai subyek untuk mengontrol peneliti, sedikitnya untuk tujuan penelitian (Myers *et al.*, 2016).

Langkah pertama dari metode permukaan respon adalah menemukan hubungan antara respon y dengan variabel independen x_i melalui persamaan polinomial orde satu (model orde I). Dinotasikan variabel-variabel independen dengan x_1, x_2, \dots, x_k variabel tersebut diasumsikan terkontrol oleh peneliti dan mempengaruhi variabel respon y yang diasumsikan sebagai variabel random. Jika respon dimodelkan secara baik dengan fungsi linier dari variabel-variabel independen x_i , maka aproksimasi fungsi dari model orde I adalah:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \varepsilon$$

Dengan

y : variabel dependen (respon)

xi : faktor-faktor yang berpengaruh terhadap variabel respon, $i=1, 2, \dots, k$

ε : komponen residual (error) yang bersifat random dan terdistribusi secara identik dan saling bebas (Independent Identically Distributed-IID) dengan distribusi Normal pada nilai rata-rata 0 dan varian σ^2

Secara matematis dinyatakan dengan $\varepsilon \approx IID$ Normal $(0, \sigma^2)$. Selanjutnya pada keadaan mendekati respon, model order dua atau lebih biasanya diisyaratkan untuk mengaproksimasi respon karena adanya lengkungan dalam permukaannya. Beberapa kasus, model order dua yang dinyatakan dengan:

$$\hat{y} = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \hat{\beta}_i x_i + \sum_{i=1}^k \hat{\beta}_{ii} x_i^2 + \sum_i \sum_j \hat{\beta}_{ij} x_i x_j, i < j$$

Analisis pengepasan permukaan respon orde dua sering disebut sebagai analisis kanonik (Nuryanti dan Salimy, 2008). Metode RSM digunakan untuk mencari taraf-taraf peubah bebas yang dapat mengoptimalkan respon. Metode ini memerlukan data yang tidak terlalu banyak, sehingga kondisi optimum respons dapat diperoleh dengan waktu yang tidak terlalu lama dan biaya yang minimum (Sumarjaya dkk., 2013).

Metode kuadrat kecil digunakan untuk mengestimasi parameter-parameter pada fungsi-fungsi aproksimasi tersebut. Analisis permukaan respon selanjutnya digunakan untuk pengepasan permukaan. Jika pengepasan permukaan merupakan aproksimasi yang cukup baik dari suatu fungsi respon maka analisis pengepasan permukaan akan ekuivalen dengan analisis sistem yang aktual (Nuryanti dan Salimy, 2008). RSM memberikan keuntungan yaitu dapat menghemat biaya karena jumlah yang digunakan untuk eksperimen kecil (Nugraha *et al.*, 2016). RSM digunakan untuk mengoptimalkan ekstraksi melalui desain. Desain dilakukan dengan menentukan faktor (x)

dan level yang digunakan (-1,0,1) (Anuar *et al.*, 2013). Salah satu metode rancangan desain dalam RSM adalah *Central Composite Design* (CCD). Pada CCD, setiap variabel asli harus dikodekan terlebih dahulu untuk memverifikasi keandalan model diturunkan, respon diprediksi harus dibandingkan dengan hasil eksperimen pada kondisi variabel tetap (Said and Mohamed, 2015).

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian Aryanti (2005), untuk mengetahui pengaruh jumlah sorbitol pada roti tawar beku untuk meningkatkan ketahanan sel *yeast*, mencegah timbulnya kerusakan matriks gluten dan kerusakan granula pati pada proses pembekuan. Penelitian 1 faktor yaitu konsentrasi sorbitol 0%; 2.5%; 5%; 7.5% dan 10%. Proses pembekuan selama 2 minggu. Hasil menunjukkan bahwa sorbitol pada kadar lebih dari 7.5% memberikan efek perlindungan pada *yeast* dari kematian karena kerusakan fisik akibat kristal es. Pada penambahan sorbitol lebih dari 2.5% memperlihatkan adanya penurunan aktivitas *yeast* yang nyata.

Dusanka *et al.* (2007), dalam penelitiannya menyatakan bahwa sampel adonan disimpan pada hari ke- 1, 7, 14, dan 28 pada suhu penyimpanan -20°C. Hasil penelitian menunjukkan setelah 28 hari penyimpanan beku persentase hidup sel *yeast* di permukaan dan dalam adonan adalah 53.1% dan 54.95%. Penambahan karagenan dalam adonan meningkatkan persentase hidup sel yaitu menjadi 64.63%.

Penelitian pengaruh *yeast* dan penyimpanan beku pada kualitas adonan roti manis beku oleh Meziani *et al.* (2012) menyatakan bahwa perlakuan waktu penyimpanan beku yang diberikan yaitu pada 0, 11, 27, 38, 48 dan 63 hari. Hasil penelitian menyatakan bahwa pada penyimpanan beku selama 27 hari pengaruh penyimpanan tersebut sesuai dengan penurunan elastisitas dan fenomena penekanan dengan fluktuasi suhu selama penyimpanan antara ± 2 dan $\pm 3.6^\circ\text{C}$.

Penelitian tentang suhu selama penyimpanan adonan beku oleh Eckardt *et al.* (2017) bertujuan untuk mengetahui pengaruh

waktu penyimpanan, suhu penyimpan dan penambahan serat terhadap kualitas sensori, mikrostruktur, tekstur dan kadar air. Waktu penyimpanan beku yang diberikan yaitu 2, 3.5, dan 6 bulan. Temperatur penyimpanan beku yang diberikan yaitu -19°C , -16°C dan -8°C . Hasil penelitian menunjukkan pada suhu -19°C memberikan hasil yang terbaik sementara pada suhu -8°C menunjukkan kualitas yang rendah di segala pengukuran.

2.8 Hipotesis

Diduga proporsi penambahan sorbitol yang optimal dapat meningkatkan ketahanan adonan dan kualitas roti manis.





III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan bulan Januari hingga April 2018. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Agrokimia Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Pengolahan dan analisis data dilakukan di Laboratorium Komputasi dan Analisis Sistem Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi pertanian, Universitas Brawijaya.

3.2 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini diperlukan alat dan bahan. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *mixer*, *freezer*, loyang, baskom, sendok, timbangan analitik, gelas ukur, gelas beker, pipet tetes, oven, *thermometer*, *stopwatch*, penggaris, deksikator, *texture analyzer*, cawan, meteran kain, dan jangka sorong. Bahan yang digunakan yaitu sorbitol, tepung terigu, gula pasir, *yeast*, susu bubuk, garam, kuning telur, mentega, air, dan *bread improver*.

3.3 Batasan Masalah

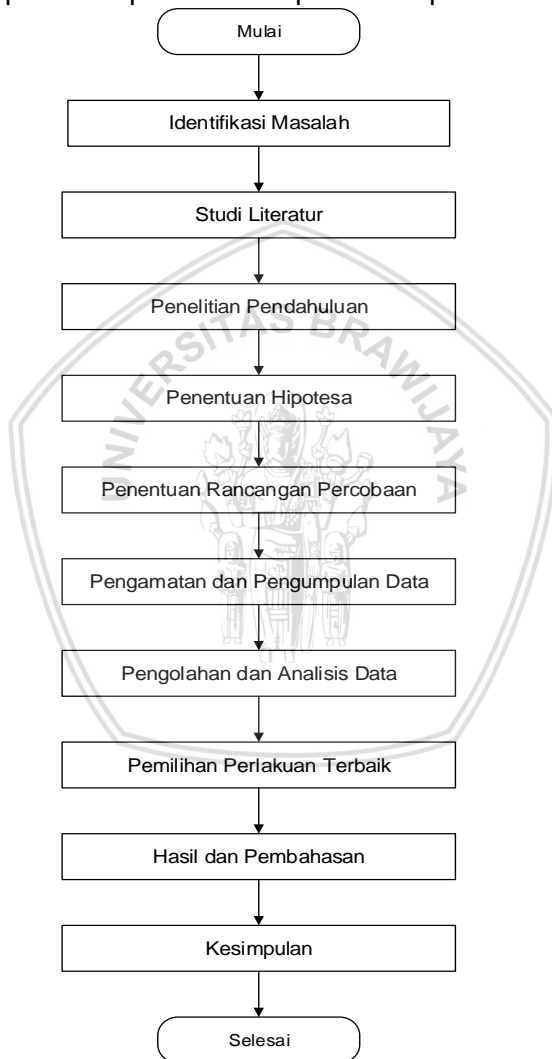
Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium
2. Tepung terigu yang digunakan memiliki kandungan protein 13% dengan merk "Cakra Kembar"
3. *Yeast* yang digunakan adalah ragi basah dengan merk "Brown Angel"
4. Metode pengadukan yang digunakan adalah metode *straight dough*

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian merupakan urutan langkah pengerjaan penelitian meliputi identifikasi masalah, studi literatur, penelitian

pendahuluan, penentuan hipotesis, penentuan rancangan percobaan, pelaksanaan penelitian, pengamatan dan pengumpulan data, pengolahan dan analisis data, pemilihan perlakuan terbaik, hasil dan pembahasan, dan kesimpulan. Diagram alir prosedur penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Prosedur Penelitian

3.5 Rancangan Percobaan

Penelitian ini dirancang menggunakan *Respon Surface Methods* (RSM) dengan Rancangan Komposit Terpusat dengan 2 faktor yaitu konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan. Alur percobaan dilakukan sebagai berikut:

1. Menetapkan level faktor yang akan diteliti. Penelitian ini terdiri dari konsentrasi sorbitol (X1) dan lama pembekuan (X2). Masing-masing faktor terdiri dari dua taraf yang diberi kode +1 dan -1, serta 0 sebagai titik pusat.

- a. Faktor konsentrasi sorbitol (A), terdapat tiga taraf

$$\begin{aligned} X1 \rightarrow X1 = -1 &= 5\% \\ X1 = 0 &= 7,5\% \\ X1 = +1 &= 10\% \end{aligned}$$

Jarak antar taraf faktor = $7,5 - 5 = 2,5$

- b. Lama pembekuan (B), terdapat tiga taraf

$$\begin{aligned} X2 \rightarrow X2 = -1 &= 4 \text{ Jam} \\ X2 = 0 &= 6 \text{ Jam} \\ X2 = +1 &= 8 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Jarak antar taraf faktor = $6 - 4 = 2$

2. Menetapkan level faktor yang sesuai dengan titik pusat $X1=0$ dan $X2 = 0$. Pada faktor konsentrasi sorbitol hubungan antara variabel X1 dengan variabel asli dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$X1 = \frac{A-7,5}{2,5}, A = 2,5X1 + 7,5 \dots \dots (1)$$

Pada faktor lama pembekuan hubungan antara variabel X2 dengan variabel asli dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$X2 = \frac{B-4}{2}, B = 2X2 + 4 \dots \dots (2)$$

3. Menentukan nilai $\alpha = 2^{\frac{k}{4}}$, karena penelitian menggunakan 2 faktor maka nilai $k = 2$, $\alpha = 2^{\frac{2}{4}} = 1,414$. Kemudian menentukan nilai taraf faktor yang sesuai dengan nilai $-\alpha = 1,414$ dan nilai $\alpha = 1,414$ dengan menghitung hubungan variabel X1 dan X2 dengan variabel asli pada persamaan (1) dan (2).

Dari persamaan (1)

$$X1 = -1,414$$

$$\text{Maka } A = 2,5 (-1,414) + 7,5 = 3,965\%$$

$$X1 = 1,414$$

$$\text{Maka } A = 2,5 (1,414) + 7,5 = 11,035\%$$

Dari persamaan (2)

$$X2 = -1,414$$

$$\text{Maka } A = 2(-1,414) + 6 = 3,172 \text{ jam}$$

$$X2 = 1,414$$

$$\text{Maka } A = 2(1,414) + 6 = 8,828 \text{ jam}$$

Rancangan percobaan dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Rancangan Percobaan

| No | Kode Faktor | | Faktor | | | Respon | |
|----|-------------|--------|--------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|--|
| | X1 | X2 | Konsentrasi Sorbitol (%) | Lama Pembekuan (jam) | Pengembangan Adonan (%) | Pengembangan Roti (%) | Tingkat Kekerasan Roti (kg/cm ²) |
| 1 | 1 | 1 | 10,00 | 8,00 | Y1 | Y2 | Y3 |
| 2 | 0 | 0 | 7,50 | 6,00 | Y1 | Y2 | Y3 |
| 3 | 0 | 0 | 7,50 | 6,00 | Y1 | Y2 | Y3 |
| 4 | 0 | 0 | 7,50 | 6,00 | Y1 | Y2 | Y3 |
| 5 | 1 | -1 | 10,00 | 4,00 | Y1 | Y2 | Y3 |
| 6 | -1 | 1 | 5,00 | 8,00 | Y1 | Y2 | Y3 |
| 7 | 0 | 1,414 | 7,50 | 8,83 | Y1 | Y2 | Y3 |
| 8 | 0 | 0 | 7,50 | 6,00 | Y1 | Y2 | Y3 |
| 9 | 0 | -1,414 | 7,50 | 3,17 | Y1 | Y2 | Y3 |
| 10 | -1 | -1 | 5,00 | 4,00 | Y1 | Y2 | Y3 |
| 11 | 0 | 0 | 7,50 | 6,00 | Y1 | Y2 | Y3 |
| 12 | 1,414 | 0 | 11,04 | 6,00 | Y1 | Y2 | Y3 |
| 13 | -1,414 | 0 | 3,96 | 6,00 | Y1 | Y2 | Y3 |

3.6 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam 3 tahap yaitu pengenceran sorbitol, penentuan formulasi dan proses adonan beku, analisis produk akhir dan validasi solusi optimal. Adapun uraian masing-masing tahapan sebagai berikut:

1. Pengenceran Sorbitol

Tahap pengenceran sorbitol dilakukan untuk mendapatkan konsentrasi yang sesuai dengan perlakuan. Pengenceran

dilakukan dari sorbitol dengan konsentrasi 70%. Sorbitol berwujud cairan kental yang terbuat dari glukosa. Pada penelitian ini dibutuhkan sorbitol dengan konsentrasi 3,96%; 5%; 7,5%; 10% dan 11,03% masing-masing sebanyak 25 ml. Dimana sorbitol ditambahkan ke dalam adonan sebanyak 1 ml. Langkah pengenceran sorbitol yaitu sebagai berikut:

- a. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus $M_1V_1 = M_2V_2$ untuk mendapatkan ml larutan yang dibutuhkan. Perhitungan ml sorbitol yang ditambahkan dapat dilihat pada **Lampiran 4**.
 - b. Kemudian diambil larutan sorbitol sesuai dengan hasil perhitungan dan dimasukkan dalam labu takar.
 - c. Ditambahkan *aquades* hingga batas labu takar, dikocok hingga larutan homogen.
2. Penentuan Formulasi dan Proses Adonan Beku

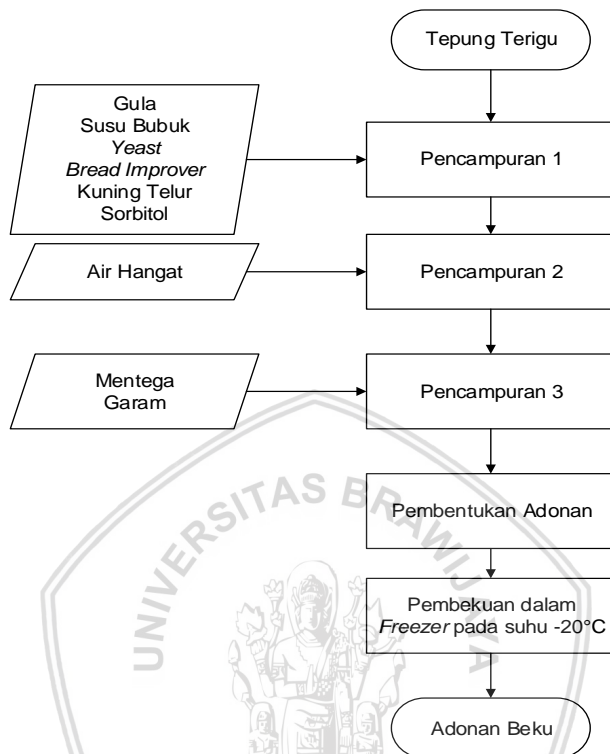
Tahap penentuan formulasi dan proses adonan beku untuk menentukan formulasi dan pembuatan adonan beku. Parameter perlakuan yang digunakan dalam tahap ini yaitu konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan. Pembekuan adonan dilakukan dengan menggunakan *freezer* pada suhu -20°C. Analisis yang dilakukan pada tahap ini yaitu analisis karakteristik fisik adonan beku dan analisis ketahanan adonan beku. Analisis ketahanan adonan beku diamati melalui perubahan ukuran (volume pengembangan) selama 45 menit pada suhu ruangan. Formulasi roti manis dengan metode adonan beku ditunjukkan pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Formulasi Roti Manis

| Bahan Baku | Jumlah (gram) |
|-----------------------|---------------|
| Tepung terigu | 50 |
| Air Hangat | 25 |
| Ragi Instan | 1,3 |
| Garam | 0,5 |
| Gula Pasir | 17,5 |
| Susu Bubuk | 2,5 |
| Kuning Telur | 7,5 |
| <i>Bread Improver</i> | 0,5 |
| Mentega | 5 |
| Sorbitol | Variasi |

Tepung terigu menggunakan jenis protein tinggi merk “Cakra Kembar” dan ragi menggunakan jenis ragi instan merk “Brown Angel”. Adapun metode pencampuran adonan roti manis adalah *straight dough*. Metode *straight dough* dilakukan dengan cara mencampur semua bahan dan mengaduknya hingga terbentuk adonan licin dan kalis. Suhu pengadukan adonan sekitar $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$, suhu terbaik sampai adonan kalis adalah 30°C . Langkah pembuatan adonan beku yaitu sebagai berikut:

- a) Penimbangan seluruh bahan secara tepat dengan timbangan digital
- b) Tepung, gula, susu bubuk, *yeast*, *bread improver*, telur dan sorbitol yang telah ditimbang dimasukkan dalam mangkuk pengadonan, kemudian diaduk menggunakan *mixer* dengan kecepatan rendah sampai tercampur rata.
- c) Air hangat ditambahkan ditambahkan ke dalam mangkuk pengadonan dan diaduk dengan kecepatan tinggi hingga adonan setengah kalis.
- d) Kemudian mentega dan garam dimasukkan ke dalam adonan dan diaduk sampai terbentuk adonan yang kalis. Waktu yang dibutuhkan untuk mengaduk hingga adonan kalis sekitar 5-10 menit.
- e) Adonan yang telah kalis dibentuk menyerupai bulatan, kemudian ditata dalam loyang.
- f) Adonan yang telah dibentuk dimasukkan dalam *freezer*, dibekukan sesuai lama perlakuan. Diagram alir pembuatan adonan beku dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



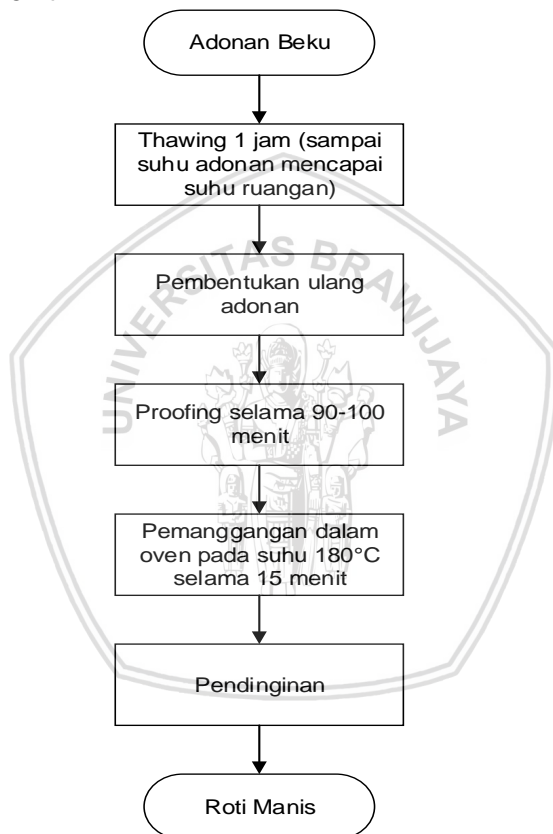
Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Adonan Beku
Sumber: (Modifikasi Djajati dan Cholifah, 2014)

3. Analisis Produk Akhir

Tahap analisis produk akhir dilakukan untuk analisis produk roti manis dari adonan beku yang telah dibekukan dalam *freezer*. Analisis roti manis meliputi analisis karakteristik roti, volume pengembangan roti manis dan tekstur roti manis. Roti manis dari adonan beku diproses melalui beberapa tahap sebelum dipanggang pada suhu 180°C selama 15 menit. Langkah pembuatan roti manis dari adonan beku yaitu sebagai berikut:

a) Adonan dikeluarkan dari *freezer*

- b) Adonan *dithawing* selama ± 1 jam hingga suhu adonan mencapai suhu ruangan. Setelah adonan *dithawing*, adonan dibentuk kembali.
- c) Kemudian adonan diproofing selama 90-100 menit.
- d) Adonan yang telah mengembang kemudian dipanggang dalam oven bersuhu 180°C selama 15 menit.



Gambar 3.3 Diagram Alir Pembuatan Roti Manis
Sumber: (Modifikasi Soekotjo, 2010)

4. Validasi Solusi Optimal

Tahap ini dilakukan untuk membuat adonan beku sesuai hasil optimal berdasarkan program. Dua roti manis hasil

optimal kemudian dianalisis karakteristik fisik, volume pengembangan adonan, volume pengembangan roti dan tekstur. Kemudian dilanjutkan dengan uji kadar air, kadar karbohidrat dan kadar protein serta uji organoleptik meliputi aroma, rasa, warna dan tekstur.

3.7 Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

- Karakteristik Fisik Adonan (Shaumi, 2016)
 - Volume Pengembangan Adonan (%) (Surono, 2017)
- Hasil roti manis setelah dipanggang dilakukan pengamatan berupa:

- Karakteristik Fisik Roti (Shaumi, 2016)
- Volume Pengembangan Roti (Yuwono dan Susanto, 1998)
- Tingkat Kekerasan Roti dengan *Hardness Tester*

Setelah dilakukan pengamatan adonan dan roti manis berdasarkan respon diperoleh hasil optimal. Dimana dua hasil optimal dan kontrol dilakukan uji lanjutan sebagai berikut:

- Kadar Air (Metode Oven) (Badan Standardisasi Nasional, 1992)
- Kadar Protein dengan Metode Kjeldahl (Modifikasi dari AOAC (1990) dalam Sudarmadji dkk., 1997)
- Kadar Karbohidrat (Sudarmadji dkk., 1997)
- Uji Organoleptik (warna, rasa, aroma dan tekstur) dengan Metode *Hedonic Scale Scoring* (Soekarto, 1985)

Prosedur analisis tercantum dalam **Lampiran 2**.

3.8 Pengolahan dan Analisis Data

3.8.1 Analisis Data dengan *Desain Expert 7*

Pengolahan data penelitian dilakukan menggunakan program *Desain Expert 7 trial version*. Data dimasukkan dalam rancangan komposit terpusat 2 faktor. Respon yang digunakan yaitu pengembangan adonan, pengembangan roti, dan tingkat kekerasan roti. Langkah-langkah analisis menggunakan *Desain Expert 7.0*, sebagai berikut:

1. Metode yang digunakan adalah RSM, kemudian pilih Desain Komposit Terpusat sebagai model rancangan percobaan.
2. Ditetapkan faktor perlakuannya yaitu konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan.
3. Dimasukkan nama dan satuan dari masing-masing faktor perlakuan yang digunakan dalam penelitian serta dimasukkan batas minimal dan maksimal
4. Ditetapkan respon yang digunakan dilengkapi dengan nama dan satuan
5. Dimasukkan data hasil penelitian ke dalam masing-masing kolom
6. Dibuka hasil analisis setiap respon untuk mengetahui hasil perhitungan analisis ragam ANOVA
7. Pada menu *Model Graph*, terdapat kurva 3 dimensi untuk mengetahui hubungan antara perlakuan dengan respon
8. Hasil optimal dapat dilihat pada menu *Numeric Optimation* yang ada pada program lalu pilih *optimal solution*.

3.8.2 Validasi Hasil Solusi Optimal

Hasil solusi optimal dilakukan berdasarkan pada solusi optimal hasil analisis data. Selanjutnya membuat adonan beku sesuai dengan proporsi optimal hasil prediksi permukaan respon kemudian dipanggang dan diuji karakteristik fisik roti, volume pengembangan, tekstur, kadar air, kadar protein, kadar karbohidrat dan uji organoleptik begitu pula dengan adonan beku kontrol. Sehingga didapatkan roti manis terbaik berdasar sifat fisik, kimia dan disukai konsumen. Nilai aktual roti manis hasil solusi optimal permukaan respon dibandingkan dengan nilai prediksinya. Uji organoleptik menggunakan metode *Hedonic Scale Scoring*. Uji organoleptik menggunakan 5 orang panelis terlatih. Data yang diperoleh dianalisis dengan Uji T menggunakan program *SPSS Statistics 17*. Lembar kuisioner organoleptik dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Roti Manis

Pembuatan roti manis ditentukan berdasar formulasi yang mengacu pada perusahaan dengan didukung beberapa literatur, sehingga diperoleh formulasi yang ditunjukkan pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Formulasi Roti Manis

| Bahan Baku | Jumlah (gram) |
|-----------------------|----------------------|
| Tepung terigu | 50 |
| Air Hangat | 25 |
| Ragi Instan | 1,3 |
| Garam | 0,5 |
| Gula Pasir | 17,5 |
| Susu Bubuk | 2,5 |
| Kuning Telur | 7,5 |
| <i>Bread Improver</i> | 0,5 |
| Mentega | 5 |
| Sorbitol | Variasi |

Penelitian ini menggunakan tepung terigu protein tinggi 12-13%. Tepung terigu berfungsi membentuk jaringan dan kerangka roti akibat pembentukan gluten. Gluten merupakan kompleks protein yang tidak larut dalam air, tersusun atas komponen gliadin dan glutenin. Komponen tersebut membuat adonan mampu dibuat lembaran, digiling atau dikembangkan (Pomeranz and Meloan, 1971). Gliadin menyebabkan gluten bersifat elastis, sementara glutenin menyebabkan adonan menjadi kuat menahan gas dan menentukan struktur produk. Gliadin dan glutenin membentuk gluten dengan adanya air dan perlakuan mekanis (Sunaryo, 1985 dalam Ratnawati, 2003).

Air berfungsi untuk melarutkan semua bahan kering agar menjadi adonan. Air yang digunakan yaitu air hangat (20-30°C) agar ragi mengembang sempurna. Air yang terlalu panas dapat mematikan ragi sementara air terlalu dingin dapat memperlambat aktivitas ragi (Paran, 2009). Saat pemanggangan, air akan berubah menjadi uap dan menyebabkan roti mengembang sehingga membentuk pori-pori

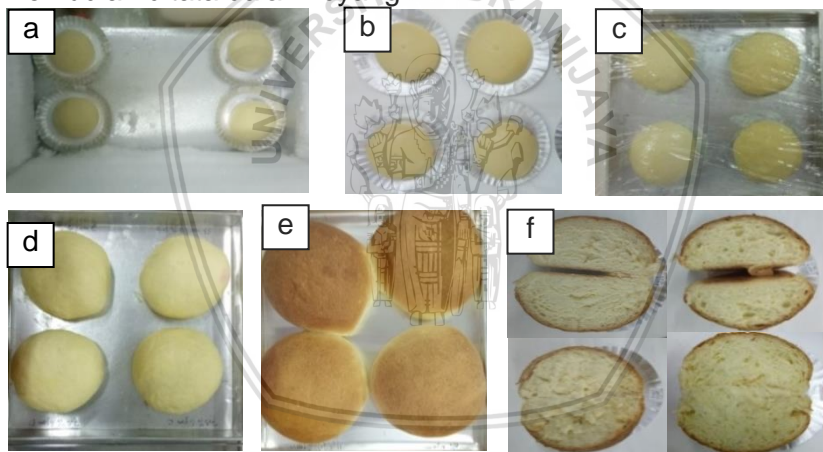
dalam roti (Murdani, 2010). Ragi berfungsi untuk menghasilkan gas dalam adonan dengan mengubah gula menjadi gas CO_2 , memperlunak gluten dengan asam yang dihasilkan dan memberi rasa dan aroma. Suhu berperan penting dalam fermentasi, suhu optimum aktivitas ragi berkisar $35\text{--}40^\circ\text{C}$. Suhu mencapai 43°C aktivitas fermentasi mulai menurun dan pada suhu $55\text{--}60^\circ\text{C}$ ragi akan mati. Suhu di bawah 28°C aktivitas fermentasi sangat lambat sementara pada suhu 4°C ragi tidak beraktivitas (Paran, 2009). Gula diperlukan sebagai makanan ragi selama proses fermentasi. Gula bersifat higroskopis memiliki kemampuan untuk menahan air, sehingga dapat memperbaiki umur simpan roti. Gula berfungsi sebagai sumber energi ragi, memberi rasa manis, menambah nilai gizi, memberi warna kecoklatan, melembutkan gluten sehingga roti lebih empuk dan menyerap air (Chan, 2008).

Garam ditambahkan untuk memberi rasa gurih pada makanan. Garam berfungsi membangkitkan rasa bahan-bahan lainnya, membantu menghindari pertumbuhan bakteri dalam adonan, menjadikan adonan tidak lengket dan tidak mudah kempes setelah dipanggang (Paran, 2009). Susu bubuk ditambahkan untuk meningkatkan aroma dan citarasa serta gizi pada roti. Susu berperan dalam memperbaiki warna kulit dan remah roti. Mentega berfungsi sebagai pengempuk roti, menjaga kelembaban roti, membantu menahan gas hasil fermentasi, memperbaiki remah roti dan teksturnya (Muchtadi dan Sugiyono, 1992). *Bread improver* berfungsi menguatkan jaringan gluten sehingga roti yang dihasilkan memiliki volume lebih besar, tekstur roti lebih halus dan putih serta tetap empuk dalam waktu lebih lama (Chan, 2008).

Langkah pembuatan roti manis dari adonan beku yaitu penimbangan seluruh bahan sesuai dengan formulasi pada **Tabel 4.1** menggunakan timbangan digital. Kemudian dilakukan pencampuran tepung, gula, susu bubuk, *yeast*, *bread improver*, telur dan sorbitol menggunakan *mixer* dengan kecepatan rendah sampai tercampur merata. Lalu ditambahkan air hangat dan dicampur dengan kecepatan tinggi hingga adonan setengah kalis. Saat air ditambahkan, protein dalam tepung terigu menyerap air dan membentuk gluten, kemudian berinteraksi

dengan komponen pati, *lipid*, gula, dan protein larut dalam membentuk adonan. Saat itu pula terjadi pembentukan dan pelunakan gluten, untuk mendapatkan *gas retention* (penahan gas) yang baik (Santoni, 2009).

Setelah itu garam dan mentega dimasukkan ke adonan dan diaduk sampai terbentuk adonan kalis. Waktu untuk mengaduk hingga adonan kalis sekitar 5-10 menit. Pengadukan sempurna akan terlihat dari adonan yang lepas dan tidak lengket di tangan. Pengadukan yang kurang kalis akan mengakibatkan roti menjadi kurang lembut dan permukaannya tidak halus (Ismayani, 2007). Tujuan pencampuran lemak di akhir yaitu agar lemak tidak menutupi seluruh bagian *yeast* hingga sulit beraktivitas dan memperlambat proses fermentasi (Soekopitojo, 2012). Selanjutnya adonan dibentuk menyerupai bulatan kemudian ditata dalam loyang.



Gambar 4.1 Proses Pembuatan Roti Manis

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| a) Adonan Beku | d) Adonan sebelum dimasukkan oven |
| b) Adonan hasil <i>thawing</i> | e) Roti diangin-anginkan |
| c) Adonan hasil <i>Proofing</i> | f) Hasil Roti Manis |

Adonan yang telah dibentuk dimasukkan ke dalam *freezer* dibekukan sesuai dengan lama perlakuan, hasil pembekuan ditunjukkan pada **Gambar 4.1.a**. Pembekuan diperlukan untuk mempermudah penyimpanan dan proses distribusi dari

perusahaan ke *outlet*. Proses pembekuan dilakukan menggunakan *freezer* pada suhu $-20\pm 2^{\circ}\text{C}$ bertujuan agar *yeast* non aktif sehingga adonan tidak mengembang saat penyimpanan. Kelemahan metode pembekuan yaitu terbentuknya kristal es yang besar dapat menyebabkan kerusakan sel *yeast*. Setelah mencapai lama pembekuan sesuai perlakuan, adonan dikeluarkan dari *freezer*. Lalu, adonan di-*thawing* selama 1 jam hingga suhu adonan mencapai suhu ruangan $26\pm 2^{\circ}\text{C}$ seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.1.b**. *Thawing* diperlukan untuk mengembalikan keempukan adonan karena peningkatan suhu sehingga kristal es meleleh, hal ini bertujuan agar adonan mudah mengembang. Selanjutnya adonan dibiarkan mengembang, ditutup dengan plastik *wrap* pada **Gambar 4.1.c** untuk menjaga suhu agar tetap hangat dan mempercepat proses fermentasi selama 2 jam. *Proofing* bertujuan untuk menghasilkan gas karbondioksida, alkohol dan asam-asam organik. Gas karbondioksida diperlukan untuk pengembangan adonan. Alkohol dan asam-asam organik diperlukan untuk melunakkan gluten serta meningkatkan citarasa dan aroma roti manis (Soekotjo, 2010). Setelah 2 jam, adonan yang telah mengembang dikempiskan untuk menghilangkan gas dan dibentuk kembali menyerupai bulatan untuk mendapatkan permukaan yang halus serta membentuk kembali struktur gluten, hasilnya dapat diamati pada **Gambar 4.1.d**. Selanjutnya adonan diistirahatkan selama 60 menit sampai adonan mengembang hampir dua kali lipat dari volume semula.

Sebelum dipanggang loyang diolesi dengan margarin demikian pula dengan adonan diolesi margarin agar tidak terlalu kering. Adonan dipanggang dalam oven pada suhu 180°C selama 15-20 menit. Oven yang digunakan untuk memanggang dapat berbahan bakar minyak, gas, atau listrik. Oven listrik memiliki keuntungan karena merupakan sumber tenaga (bahan bakar) yang bersih sehingga tidak mengontaminasi produk yang dipanggang, selain itu oven listrik mudah dikontrol. Setelah matang, adonan dikeluarkan dari oven untuk proses pendinginan ditunjukkan pada **Gambar 4.1.e**. Hasil beberapa perlakuan roti manis ditunjukkan pada **Gambar 4.1.f**.

4.2 Optimasi Konsentrasi Sorbitol dan Lama Pembekuan dengan Desain Komposit Terpusat

Optimasi konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan dilakukan untuk mendapatkan roti manis dari adonan beku yang paling optimal. Penelitian ini menggunakan variabel bebas (X1) yaitu konsentrasi sorbitol dengan batas bawah 5% dan batas atas 10%. Batas tersebut diperoleh berdasarkan penelitian terdahulu dan telah diuji pendahuluan, dimana konsentrasi optimal untuk adonan beku bekisar 7,5% sehingga dipilih batas bawah 5% dan batas atas 10%. Variabel bebas kedua (X2) yaitu lama pembekuan dengan batas bawah 4 jam dan batas atas 8 jam. Seperti halnya konsentrasi sorbitol, dalam menentukan titik tengah lama pembekuan mengacu pada uji pendahuluan bekisar antar 5,5-6,5 jam sehingga dipilih batas bawah 4 jam dan batas atas 8 jam. Respon yang dioptimasi yaitu pengembangan adonan (Y1), pengembangan roti (Y2) dan tingkat kekerasan roti (Y3). Hasil analisis hubungan konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan terhadap respon pengembangan adonan, pengembangan roti dan tingkat kekerasan roti dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Hasil Analisis Hubungan Konsentrasi Sorbitol dan Lama Pembekuan terhadap Respon Pengembangan Adonan, Pengembangan Roti dan Tingkat Kekerasan Roti

| No | Faktor | | Faktor | | Respon | | |
|-----|--------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|--|
| | X1 | X2 | Konsent rasi Sorbitol (%) | Lama Pembe kuan (Jam) | Pengembang an Adonan (%) | Pengembang an Roti (%) | Tingkat Kekeras an Roti (kg/cm ²) |
| 1. | 0 | 0 | 7,5 | 6 | 9,12 | 312,5 | 0,32 |
| 2. | 1,414 | 0 | 11,04 | 6 | 3,57 | 280,49 | 0,38 |
| 3. | 0 | 0 | 7,5 | 6 | 5,88 | 442,85 | 0,39 |
| 4. | 0 | 0 | 7,5 | 6 | 6,45 | 480 | 0,38 |
| 5. | 0 | 1,414 | 7,5 | 8,83 | 20,71 | 136,66 | 0,37 |
| 6. | -1 | 1 | 5 | 8 | 20,53 | 150 | 0,49 |
| 7. | 0 | 0 | 7,5 | 6 | 6,06 | 491,42 | 0,37 |
| 8. | -1 | -1 | 5 | 4 | 13,57 | 316,67 | 0,36 |
| 9. | 1 | -1 | 10 | 4 | 14,1 | 176,67 | 0,53 |
| 10. | -1,414 | 0 | 3,96 | 6 | 10,42 | 196,29 | 0,38 |

Tabel 4.2 Hasil Analisis Hubungan Konsentrasi Sorbitol dan Lama Pembekuan terhadap Respon Pengembangan Adonan, Pengembangan Roti dan Tingkat Kekerasan Roti (Lanjutan)

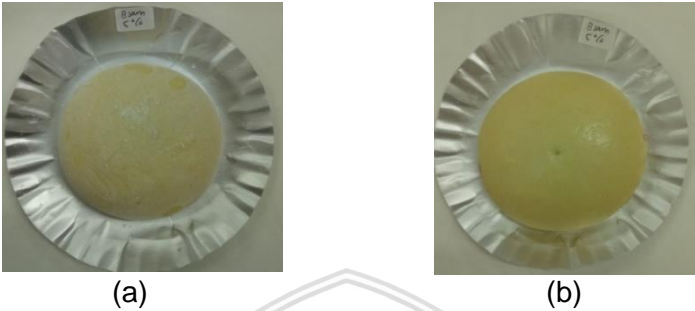
| No | X1 | X2 | Konsent rasi Sorbitol (%) | Lama Pembe kuan (Jam) | Pengembang an Adonan (%) | Pengembang an Roti (%) | Tingkat Kekeras an Roti (kg/cm ²) |
|-----|----|--------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|--|
| 11. | 1 | 1 | 10 | 8 | 20,6 | 206,67 | 0,46 |
| 12. | 0 | 0 | 7,5 | 6 | 9,37 | 377,78 | 0,41 |
| 13. | 0 | -1,414 | 7,5 | 3,17 | 14,07 | 163,33 | 0,4 |

Berdasarkan **Tabel 4.2** hasil optimal yang diinginkan yaitu respon pengembangan adonan minimal, respon pengembangan roti maksimal dan respon tingkat kekerasan roti pada target 0,35 kg/cm². Berdasarkan penilaian instrumen *hardness tester*, roti yang mempunyai tingkat keempukan optimal berkisar $0,30 < x < 0,35$ kg/cm². Roti dianggap mempunyai tingkat keempukan rendah (keras) apabila roti tidak mengembang, padat atau *bantet* (Kartiwan dan Badewi, 2016). Respon pengembangan adonan menunjukkan hasil tertinggi 20,71% dan hasil terendah 3,57%. Respon pengembangan roti menunjukkan hasil tertinggi 491,42% dan hasil terendah 150%. Respon tingkat kekerasan roti menunjukkan nilai tertinggi 0,53 kg/cm² dan nilai terendah 0,32 kg/cm². Respon tersebut kemudian dioptimasi menggunakan program *Design Expert* dengan Rancangan Komposit Terpusat. Kemudian masing-masing respon dianalisis terkait pemilihan model, ragam ANOVA dan pengaruh variabel bebas terhadap respon.

4.2.1 Pengaruh Konsentrasi Sorbitol dan Lama Pembekuan Terhadap Pengembangan Adonan

Respon pengembangan adonan diperoleh dari perbandingan antara tinggi adonan beku setelah di-freezer dengan adonan beku yang didiamkan pada suhu $26 \pm 2^\circ\text{C}$ selama 45 menit. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat adonan mengembang (untuk mengetahui

ketahanan adonan). Bentuk fisik pengukuran adonan beku ditunjukkan pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2 Bentuk Fisik Adonan Beku
 a) Setelah keluar dari *freezer*
 b) Setelah di suhu ruang selama 45 menit

4.2.1.1 Pemilihan Model

Respon pengembangan adonan digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan terhadap pengembangan adonan. Pemilihan model terhadap respon pengembangan adonan ditentukan berdasarkan tiga pengujian yakni *sequential model sum of squares*, *lack of fit test* dan *model summary statistics*.

Tabel 4.3 Hasil Analisis *Sequential Model Sum of Squares* Pengembangan Adonan

| Sumber | Jumlah Kuadrat | Df | Rata-rata Kuadrat | F Hitung | Nilai P Prob>F | Keterangan |
|-----------|----------------|----|-------------------|----------|----------------|------------------|
| Mean | 1647,32 | 1 | 1647,34 | | | <i>Suggested</i> |
| Linier | 31,32 | 2 | 15,66 | 0,59 | 0,5727 | |
| 2FI | 0,000 | 1 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | |
| Kuadratik | 198,90 | 2 | 99,45 | 0,0079 | 0,0079 | <i>Suggested</i> |
| Kubik | 15,42 | 2 | 7,71 | 0,5181 | 0,5181 | <i>Aliased</i> |
| Residu | 51,27 | 5 | 10,25 | | | |
| Total | 1944,25 | 13 | 149,56 | | | |

Berdasarkan **Tabel 4.3** menunjukkan model kuadratik adalah model yang disarankan (*suggested*) oleh program.

Pemilihan model kuadratik dapat dilihat nilai F yang didapatkan yaitu 10,44 dan nilai P ($prob>F$) yaitu 0,0079. Nilai F dari model kuadratik lebih tinggi dan nilai P lebih rendah dibandingkan dengan model linier dan kubik. Model kuadratik memiliki nilai P lebih kecil dari 5% artinya peluang kesalahan lebih rendah dari 5%, sehingga dapat disimpulkan model kudratik akan berpengaruh signifikan terhadap respon pengembangan adonan. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Myers *et. al.* (2012), bahwa model akan berpengaruh signifikan bila mendapatkan nilai F yang tinggi dan nilai P yang rendah. Kemudian dilanjutkan uji ketidaktepatan yang menghasilkan data, seperti ditunjukkan pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Hasil Analisis Uji *Lack of Fit* Respon Pengembangan Adonan

| Sumber | Jumlah Kuadrat | Df | Rata-rata Kuadrat | F Hitung | Nilai P Prob>F | Keterangan |
|-----------|----------------|----|-------------------|----------|----------------|------------------|
| Linier | 252,82 | 6 | 42,14 | 13,20 | 0,013 | |
| 2FI | 252,82 | 5 | 50,56 | 15,84 | 0,0096 | |
| Kuadratik | 53,92 | 3 | 17,97 | 5,63 | 0,0642 | <i>Suggested</i> |
| Kubik | 38,50 | 1 | 38,50 | 12,06 | 0,0255 | <i>Aliased</i> |
| Galat | 12,77 | 4 | 3,19 | | | |

Uji *lack of fit* bertujuan untuk mengetahui kesesuaian model. Menurut Kutner *et. al.* (2004), pengujian *lack of fit* diperlukan apabila percobaan terdapat replikasi pada unit eksperimen. Menurut Dewi dkk (2013), *lack of fit* dikatakan signifikan jika *P-value* lebih besar dari 5%. Adanya penolakan H_0 menunjukkan model yang digunakan dalam percobaan belum sesuai (tidak cocok). Berdasar **Tabel 4.4** pemilihan model yang disarankan adalah model kudratik. Model ini menunjukkan nilai P yang tidak signifikan, ($P>0,05$) yaitu 0,0642 artinya tidak ada pengaruh yang nyata antara ketidaktepatan model dengan respon pengembangan adonan. Hal ini menunjukkan bahwa model yang digunakan dalam penelitian sudah sesuai/cocok.

Tabel 4.5 Hasil Analisis *Model Summary Statistics* Respon Pengembangan Adonan

| Sumber | Standar Deviasi | R ² | Adjusted R ² | Predicted R ² | PRESS | Keterangan |
|-----------|-----------------|----------------|-------------------------|--------------------------|---------|------------------|
| Linier | 5,15 | 0,1055 | -0,0734 | -0,6745 | 497,19 | |
| 2FI | 5,43 | 0,1055 | -0,1927 | -1,7207 | 807,81 | |
| Kuadratik | 3,09 | 0,7754 | 0,6149 | -0,3587 | 403,41 | <i>Suggested</i> |
| Kubik | 3,20 | 0,8273 | 0,5856 | -7,3660 | 2483,97 | <i>Aliased</i> |

Tabel 4.5 menunjukkan model yang disarankan untuk menggambarkan pengaruh konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan terhadap respon pengembangan adonan adalah model kuadratik. Model terpilih karena nilai *R-squared* mendekati 1 yaitu 0,7754 artinya variabel konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan berpengaruh terhadap respon pengembangan adonan sebesar 77,54% sedangkan sisanya 22,46% dipengaruhi variabel lain yang tidak dijadikan variabel yang diteliti. Model kuadratik memiliki nilai *adjusted R-Squared* paling tinggi, serta nilai standar deviasi dan nilai PRESS paling rendah dibanding model lainnya. Model yang baik memiliki nilai R² tinggi (mendekati 1) dengan jumlah variabel bebas minimal (Kurniawan dan Yuniarto, 2016). *Adjusted R-Square* sering digunakan sebagai nilai kecocokan model dimana jika nilainya semakin tinggi (mendekati 1), model semakin benar/akurat. Nilai PRESS (*Prediction Sum of Squares*) adalah prosedur kombinasi dari semua kemungkinan regresi, analisis sisaan dan teknik validasi. Semakin kecil nilai PRESS maka model semakin valid artinya semakin baik untuk meramal (Sarwono, 2017). Hal ini menunjukkan bahwa model kuadratik yang terpilih valid dan sesuai digunakan dalam penelitian ini.

4.2.1.2 Hasil Analisis Ragam ANOVA

Tahapan berikutnya dalam analisis hasil program *desain expert* yaitu analisis ragam ANOVA. Hasil analisis ragam ANOVA dapat dilihat pada **Tabel 4.6** berikut ini.

Tabel 4.6 Hasil Analisis Ragam ANOVA terhadap Respon Pengembangan Adonan

| Sumber | Jumlah Kuadrat | Df | Rata-rata Kuadrat | F Hitung | Nilai P Prob > F | Keterangan |
|------------------------|----------------|----|-------------------|----------|------------------|------------------|
| Model | 230,22 | 5 | 46,04 | 4,83 | 0,0313 | Signifikan |
| A-Konsentrasi Sorbitol | 9,30 | 1 | 9,30 | 0,98 | 0,3560 | Tidak Signifikan |
| B-Lama Pembekuan | 22,02 | 1 | 22,02 | 2,31 | 0,1722 | Tidak Signifikan |
| AB | 0,000 | 1 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | Tidak Signifikan |
| A ² | 5,40 | 1 | 5,40 | 0,57 | 0,4759 | Tidak Signifikan |
| B ² | 198,66 | 1 | 198,66 | 20,85 | 0,0026 | Signifikan |
| Residu | 66,69 | 7 | 9,53 | | | |
| <i>Lack of Fit</i> | 53,92 | 3 | 17,97 | 5,63 | 0,0642 | Tidak Signifikan |
| Galat | 12,77 | 4 | 3,19 | | | |
| Total | 296,91 | 12 | | | | |

Tabel 4.6 menunjukkan hasil dianalisis dengan ANOVA signifikan karena nilai P kurang dari 0.05 yaitu sebesar 0.0313. Menurut Prasetyo (2014), nilai P lebih dari 0,05 artinya tidak terdapat pengaruh signifikan. Sebaliknya jika nilai P kurang dari 0,05 maka terdapat pengaruh nyata. Faktor konsentrasi sorbitol memiliki nilai P sebesar 0.3560 (>0.05) sehingga faktor konsentrasi sorbitol tidak signifikan terhadap respon pengembangan adonan. Demikian pula faktor lama pembekuan memiliki nilai P sebesar 0.1722 (>0.05) sehingga faktor lama pembekuan tidak signifikan terhadap respon pengembangan adonan.

Tabel 4.6 menunjukkan *lack of fit* memiliki nilai P sebesar 0.0642 (>0.05) artinya ketidaktepatan model kuadratik bersifat tidak signifikan. Menurut Gasperz (1995), kriteria utama ketepatan model adalah berdasarkan pengujian *lack of fit*. Suatu model dianggap tepat jika *lack of fit* model bersifat tidak nyata secara statistik dan dianggap dapat menjelaskan suatu permasalahan dari suatu analisis statistik dan dianggap tidak tepat untuk menjelaskan suatu permasalahan dari suatu analisis

yang dikaji jika *lack of fit* dari model bersifat nyata secara statistika. Berdasar hasil analisis ragam respon pengembangan adonan akan didapatkan persamaan. Adapun bentuk persamaan model yang terpilih terhadap respon pengembangan adonan adalah sebagai berikut.

$$Y1 = 61,71129 - 2,54667X1 - 15,20209X2 - 1,50990E-015X1X2 + 0,14102X1^2 + 1,33597X2^2$$

Keterangan:

Y1 = Respon Pengembangan Adonan (%)

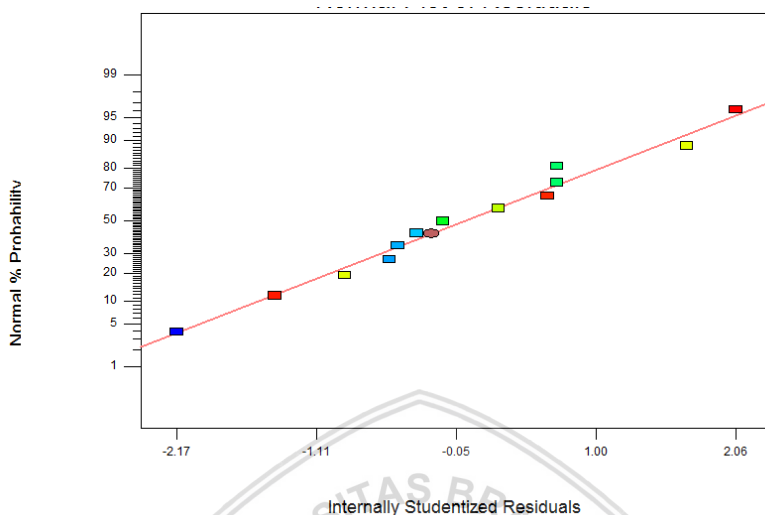
X1 = Konsentrasi Sorbitol (%)

X2 = Lama Pembekuan (Jam)

Persamaan kuadratik tersebut digunakan untuk mengetahui nilai respon pengembangan adonan yang didapatkan jika digunakan konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan yang berbeda. Respon pengembangan adonan paling dipengaruhi oleh kuadrat lama pembekuan. Respon pengembangan adonan menunjukkan hasil yang maksimal seiring bertambahnya nilai kuadrat konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan serta berkurangnya nilai variabel konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan.

4.2.1.3 Analisis Grafik Permukaan Respon

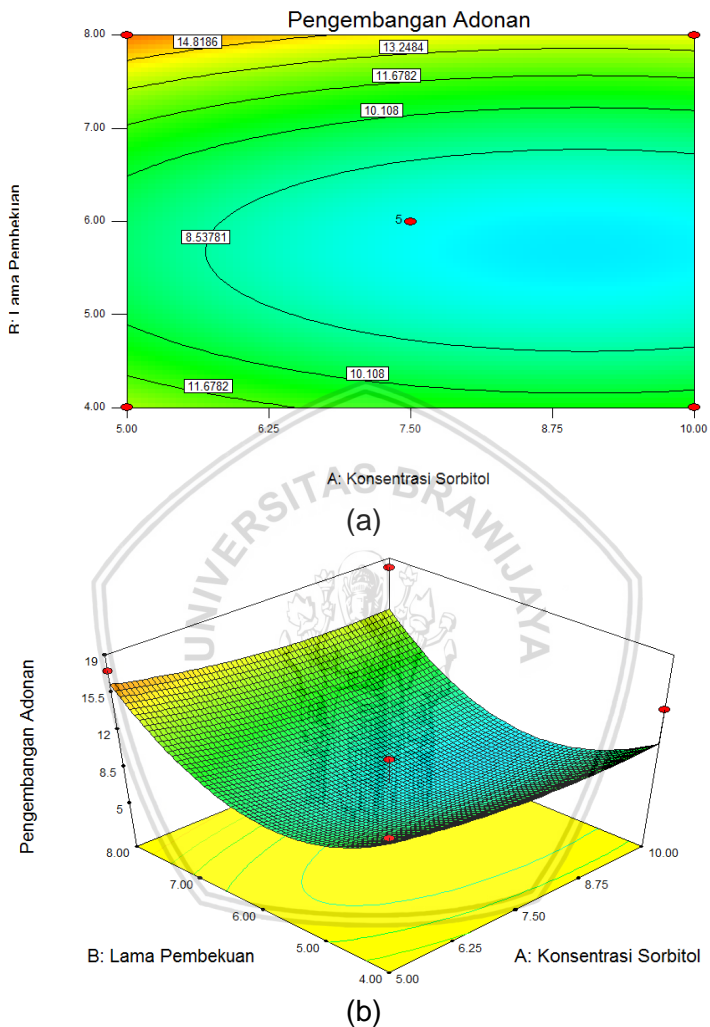
Kurva *normal plot of residuals* digunakan untuk mendeteksi apakah data yang akan dianalisis berdistribusi normal atau tidak. Model yang baik memiliki nilai residual normal. Model yang dipilih pada respon pengembangan adonan yaitu model kuadratik. Adapun kurva *normal plot of residual* dari model tersebut digambarkan pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4.3 Normal Plot of Residuals Respon Pengembangan Adonan

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa tidak semua titik residual berada tepat di sepanjang garis diagonal, titik residual digambarkan berada di dekat dan mengikuti garis diagonalnya. Hal ini menunjukkan nilai residual menyebar normal artinya hasil aktual akan mendekati hasil yang diprediksi oleh program. Hal ini menunjukkan bahwa respon pengembangan adonan telah terdistribusi normal artinya model yang terpilih sudah baik.

Hubungan antara konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan terhadap pengembangan adonan digambarkan pada grafik kontur plot dan grafik 3D permukaan respon yang ditunjukkan pada **Gambar 4.4**. Grafik kontur plot ditunjukkan pada **Gambar 4.4** (a) menyatakan bahwa sumbu X menunjukkan konsentrasi sorbitol dan sumbu Y menunjukkan lama pembekuan. Garis kontur menunjukkan bahwa kontur terbagi menjadi 5 wilayah dengan warna yang berbeda. Warna tersebut menunjukkan nilai respon pengembangan adonan. Semakin berwarna biru menunjukkan nilai respon pengembangan adonan terendah dan semakin berwarna merah menunjukkan nilai respon pengembangan adonan tertinggi.



Gambar 4.4 Grafik Respon Pengembangan Adonan

(a) *Respon Surface Plot* berbentuk kontur

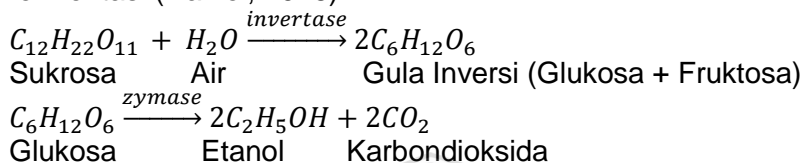
(b) *Respon Surface Plot* berbentuk tiga dimensi respon pengembangan adonan

Gambar 4.4 (b) menggambarkan bentuk permukaan dari hubungan interaksi antar faktor konsentrasi sorbitol dan lama

pembekuan terhadap respon pengembangan adonan. Grafik 3D yang dihasilkan berbentuk parabola terbuka ke atas. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengembangan adonan minimum yang dihasilkan berada di sekitar titik tengah konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan yaitu pada titik konsentrasi sorbitol 7,5% dan lama pembekuan 6 jam. Pengembangan adonan paling kecil berada disekitar konsentrasi sorbitol 5% dan lama pembekuan 8 jam. Mulanya pengembangan adonan turun seiring dengan semakin lama waktu pembekuan yang diberikan, namun pada titik tertentu pengembangan adonan justru semakin meningkat. Adonan beku dalam ruangan diharapkan bertahan lama agar adonan tidak mudah mengembang. Lama pembekuan mempengaruhi peningkatan waktu leleh kristal es akibat ukuran kristal es semakin besar (Satria dkk, 2017). Pengaruh suhu terhadap pembentukan gas pada adonan roti yaitu pada suhu rendah pembentukan gas CO_2 terhambat, sedangkan pada suhu terlalu tinggi gas CO_2 yang dihasilkan terlalu banyak sehingga volume adonan terlalu besar (Gozalli, 2014). Hal ini menunjukkan semakin lama pembekuan maka pengembangan adonan semakin kecil karena ukuran kristal es semakin besar. Namun, adonan beku yang didiamkan dalam ruangan mendapat pengaruh suhu ruangan yang mungkin mengalami fluktuasi selama pengukuran sehingga didapatkan grafik menurun kemudian meningkat pada titik tertentu.

Hal yang berbeda pada faktor konsentrasi sorbitol yakni semakin tinggi konsentrasi sorbitol maka pengembangan adonan semakin menurun. Hal tersebut dikarenakan sorbitol berfungsi sebagai agensia pengikat air bebas. Air bebas ditahan dalam bahan sehingga air yang tersedia untuk pertumbuhan mikroorganisme berkurang dan A_w dalam bahan cenderung menurun. Jika A_w rendah maka dapat menghambat aktivitas mikroorganisme (Zubaedah, 2002 dalam Murni, 2012). Semakin tinggi penambahan sorbitol maka air bebas yang terikat dalam bahan juga semakin banyak sehingga air yang tersedia sedikit karena antara sorbitol dan air terjadi ikatan kovalen gugus O dan H sorbitol dengan gugus O dan H air (Monris, 2013). Air bebas yang terdapat dalam bentuk murni sebagai air permukaan, air tidak termasuk sebagai komponen produk tetapi

berasal dari luar seperti kondensasi dan lain-lain. Air dapat dikelompokkan sebagai air bebas selama tidak bercampur atau bereaksi pada komponen permukaan bahan (Kupriannof, 1985). Penambahan konsentrasi sorbitol yang optimal dapat menahan aktivitas yeast dan mendapatkan pengembangan adonan yang minimal. Berikut ini reaksi yang terjadi selama berlangsungnya fermentasi (Daniel, 1978):



Yeast berfungsi untuk mengembangkan adonan dengan memproduksi gas CO_2 . Aktivitas yeast dalam adonan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain enzim protease, lipase, invertase dan maltase, kandungan air, suhu, pH, gula dan garam. Enzim protease memecah protein dalam tepung menjadi senyawa nitrogen yang dapat diserap sel yeast untuk membentuk sel baru. Enzim lipase memecah lemak menjadi asam lemak dan gliserin. Enzim Invertase memecah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Enzim maltase memecah maltosa menjadi glukosa dan enzim zymase memecah glukosa menjadi alkohol dan CO_2 . Kondisi optimal bagi aktivitas yeast dalam proses fermentasi adalah pada $A_w = 0,905$, suhu antara $25-30^\circ C$ dan pH antara $4 - 4,5$ (Koswara, 2009). Dengan demikian penurunan aktivitas air dapat menghambat aktivitas yeast sehingga CO_2 yang dihasilkan relatif sedikit. Hal tersebut memungkinkan membantu ketahanan adonan karena dengan kondisi CO_2 yang minimal didapatkan pengembangan adonan yang kecil.

4.2.2 Pengaruh Konsentrasi Sorbitol dan Lama Pembekuan Terhadap Pengembangan Roti

Pengembangan roti diperoleh dari perbandingan volume adonan beku dan roti setelah dipanggang. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui tingkat pengembangan dari bentuk

adonan hingga menjadi roti. Bentuk fisik pengukuran pengembangan roti ditunjukkan pada **Gambar 4.5**.



(a)



(b)

Gambar 4.5 Bentuk Fisik Pengembangan Roti

a) Setelah dikeluarkan dari freezer, b) setelah pemanggangan dengan oven

4.2.2.1 Pemilihan Model

Respon pengembangan roti digunakan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan terhadap pengembangan roti. Pemilihan model dilakukan dengan tiga uji yaitu *sequential model sum of squares*, uji *lack of fit* dan uji *model summary statistics*. Adapun hasil uji *sequential model sum of squares* ditampilkan pada **Tabel 4.7** sebagai berikut.

Tabel 4.7 Hasil Analisis *Sequential Model Sum of Squares* Respon Pengembangan Roti

| Sumber | Jumlah Kuadrat | Df | Rata-rata Kuadrat | F Hitung | Nilai P Prob>F | Keterangan |
|-----------|----------------|----|-------------------|----------|----------------|------------------|
| Mean | 1,071E+006 | 1 | 1.071E+006 | | | |
| Linier | 3961,09 | 2 | 1980,54 | 0,10 | 0,9033 | |
| 2FI | 9669,77 | 1 | 9669,77 | 0,48 | 0,5079 | |
| Kuadratik | 1535E+005 | 2 | 76727,52 | 18,16 | 0,0017 | <i>Suggested</i> |
| Kubik | 6345,02 | 2 | 3172,51 | 0,68 | 0,5468 | <i>Aliased</i> |
| Residu | 23228,09 | 5 | 4645,62 | | | |
| Total | 1,268E+006 | 13 | 97511,19 | | | |

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa model yang disarankan oleh program adalah kuadratik. Model tersebut memiliki nilai P kurang dari 5% (0,05) yaitu sebesar 0,0017 artinya model berpengaruh nyata terhadap respon pengembangan roti. Hal ini menunjukkan bahwa ketidaktepatan model kuadratik terhadap respon pengembangan roti sebesar 0,17%. Selanjutnya ketidaktepatan model kuadratik diprediksi menggunakan analisis *lack of fit test*.

Tabel 4.8 Hasil Analisis *Lack of Fit Test* Respon Pengembangan Roti

| Sumber | Jumlah Kuadrat | Df | Rata-rata Kuadrat | F Hitung | Nilai P Prob>F | Keterangan |
|-----------|----------------|----|-------------------|----------|----------------|------------------|
| Linier | 1,701E+005 | 6 | 28356,72 | 5,03 | 0,0700 | |
| 2FI | 1,605E+005 | 5 | 32094,11 | 5,69 | 0,0585 | |
| Kuadratik | 7015,54 | 3 | 2338,51 | 0,41 | 0,7523 | <i>Suggested</i> |
| Kubik | 670,51 | 1 | 670,51 | 0,12 | 0,7476 | <i>Aliased</i> |
| Galat | 22557,58 | 4 | 5639,39 | | | |

Tabel 4.8 menunjukkan bahwa model yang disarankan oleh program adalah kuadratik. Model tersebut dipilih karena memiliki nilai P lebih dari 5% (0,05) yaitu sebesar 0,7523. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh nyata antara ketidaktepatan model dengan respon pengembangan roti. Seluruh model memiliki nilai P lebih dari 5% (0,05), tetapi dipilih model kuadratik diduga karena memiliki nilai P paling besar. Selanjutnya analisis pemilihan model respon pengembangan roti berdasarkan analisis *Model Summary Statistics* berikut ini.

Tabel 4.9 Hasil Analisis *Model Summary Statistics* Respon Pengembangan Roti

| Sumber | Standar Deviasi | R ² | Adjusted R ² | Predicted R ² | PRESS | Keterangan |
|-----------|-----------------|----------------|-------------------------|--------------------------|------------|------------------|
| Linier | 138,820 | 0,0201 | -0,1758 | -0,5732 | 3.094E+005 | |
| 2FI | 142,610 | 0,0693 | -0,2409 | -0,9009 | 3.738E+005 | |
| Kuadratik | 65,000 | 0,8496 | 0,7422 | 0,5671 | 85134,47 | <i>Suggested</i> |
| Kubik | 68,160 | 0,8819 | 0,7165 | 0,6026 | 78158,99 | <i>Aliased</i> |

Tabel 4.9 merupakan tabel hasil analisis dengan *model summary statistics*, model yang dipilih oleh program yaitu model kuadrat. Model tersebut dipilih karena memiliki nilai *R-squared* mendekati 1 yaitu sebesar 0,8496 artinya variabel konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan berpengaruh terhadap respon pengembangan roti sebesar 84,96% sedangkan 15,04% lainnya dipengaruhi oleh faktor yang tidak diteliti. Selain itu model kuadrat memiliki nilai *adjusted square* dan *predicted square* lebih tinggi dibandingkan dengan model linier dan 2FI, serta nilai PRESS dan nilai standar deviasi lebih kecil dibandingkan dengan linier dan 2FI. Model kubik memiliki *R square* mendekati 1 sebesar 0,8819 serta *adjusted R squared* dan *predicted R squared* lebih tinggi dibanding dengan kudratik, namun dinyatakan *aliassed* oleh program sehingga model tidak dapat digunakan untuk menentukan model respon.

4.2.2.2 Hasil Analisis Ragam ANOVA

Tabel 4.10 Hasil Analisis Ragam ANOVA terhadap Respon Pengembangan Roti

| Sumber | Jumlah Kuadrat | Df | Rata-rata Kuadrat | F Hitung | Nilai P Prob > F | Keterangan |
|----------------------------|----------------|----|-------------------|----------|------------------|------------------|
| Model | 1,671E+005 | 5 | 33417,18 | 7,91 | 0,0085 | Signifikan |
| A- Konsentrasi Sorbitol | 159,73 | 1 | 159,73 | 0,038 | 0,8514 | Tidak Signifikan |
| B-Lama Pembekuan | 3801,36 | 1 | 3801,36 | 0,90 | 0,3744 | Tidak Signifikan |
| AB | 9669,77 | 1 | 9669,77 | 2,29 | 0,1741 | Tidak Signifikan |
| A ² | 52270,30 | 1 | 52270,30 | 12,37 | 0,0098 | Signifikan |
| B ² | 1,192E+005 | 1 | 1,192E+005 | 28,21 | 0,0011 | Signifikan |
| Residu | 29573,11 | 7 | 4224,73 | | | |
| Lack of Fit | 7015,54 | 3 | 2338,51 | 0,41 | 0,7523 | Tidak Signifikan |
| Galat | 22557,58 | 4 | 5639,39 | | | |
| Total | 11,967E+005 | 12 | | | | |

Tabel 4.10 menunjukkan hasil analisis ragam (ANOVA) respon pengembangan roti. Model memiliki nilai P kurang dari 0,05 yaitu sebesar 0,0085 sehingga dinyatakan signifikan terhadap respon pengembangan roti. Faktor konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan memiliki nilai P lebih besar dari 5% (0,05) yaitu masing-masing sebesar 0,8514 dan 0,3744 sehingga keduanya dinyatakan tidak signifikan terhadap respon pengembangan roti. *Lack of fit* memiliki nilai P lebih besar dari 5% (0,05) yaitu sebesar 0,7523 artinya ketidaktepatan model kudratik bersifat tidak signifikan. Berdasar hasil analisis ragam respon pengembangan roti dapat diketahui persamaan model. Adapun persamaan model pada respon pengembangan roti

$$Y_2 = -1042,65489 + 150,82434X_1 + 307,98956X_2 + 9,83350X_1X_2 - 13,86920X_1^2 - 32,720X_2^2$$

Keterangan:

Y_2 = Respon Pengembangan Roti (%)

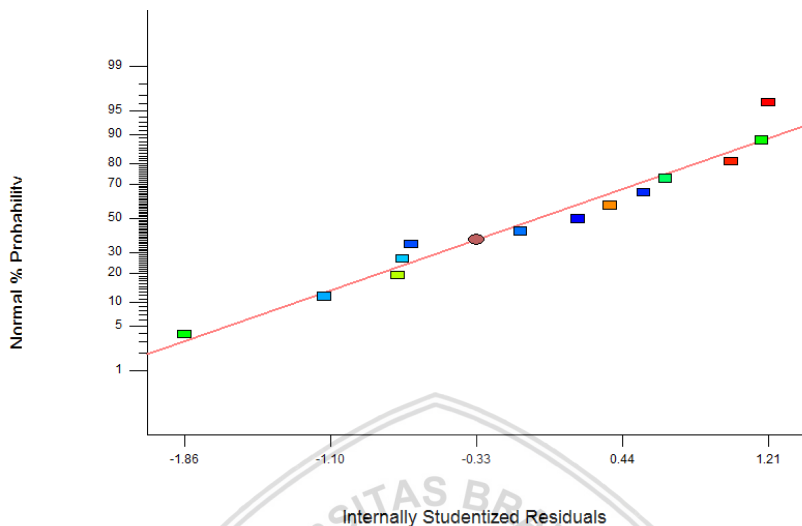
X_1 = Konsentrasi Sorbitol (%)

X_2 = Lama Pembekuan (Jam)

Persamaan kuadratik tersebut digunakan untuk mengetahui nilai respon pengembangan roti yang didapatkan jika digunakan konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan yang berbeda. Respon pengembangan roti paling dipengaruhi oleh lama pembekuan. Respon pengembangan roti menunjukkan hasil yang maksimal seiring bertambahnya nilai variabel konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan serta berkurangnya nilai kuadrat konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan.

4.2.2.3 Analisis Grafik Permukaan Respon

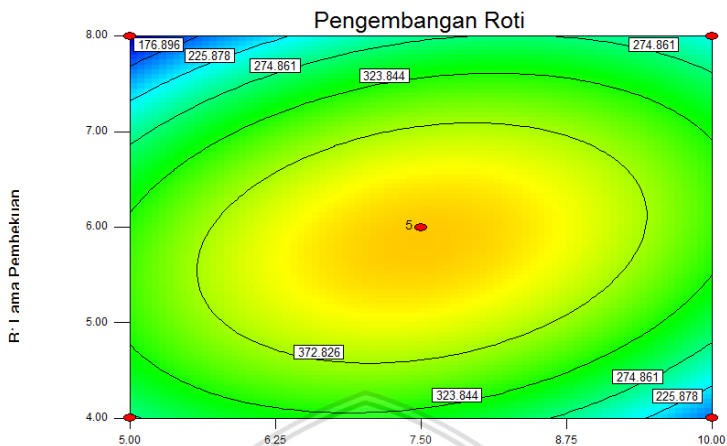
Kurva *normal plot of residuals* digunakan untuk mendeteksi apakah data yang akan dianalisis berdistribusi normal atau tidak. Model yang baik memiliki nilai residual yang normal. Model yang dipilih pada respon pengembangan roti yaitu model kuadratik. Adapun kurva *normal plot of residual* dari model tersebut digambarkan pada **Gambar 4.6**.



Gambar 4.6 Normal Plot of Residuals Respon Pengembangan Roti

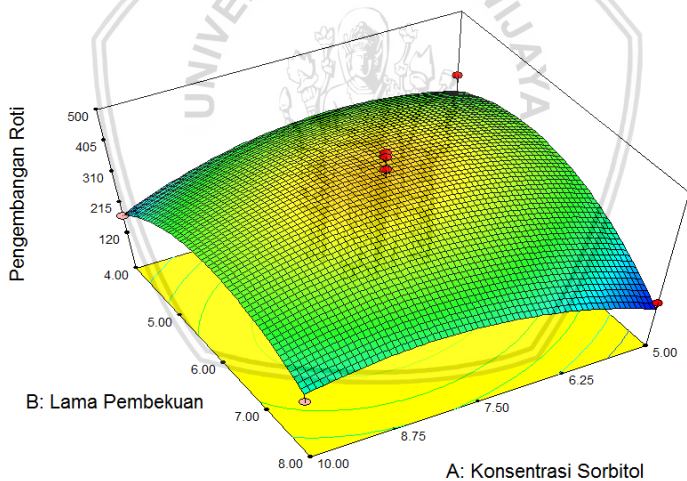
Gambar 4.6 menunjukkan bahwa tidak semua titik residual berada tepat di sepanjang garis diagonal, titik residual digambarkan berada di dekat dan mengikuti garis diagonalnya. Nilai residual menyebar normal artinya hasil aktual akan mendekati hasil yang diprediksi oleh program. Hal ini menunjukkan bahwa pada respon pengembangan roti data yang diperoleh telah terdistribusi normal artinya model yang terpilih sudah baik.

Hubungan antara konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan terhadap pengembangan roti digambarkan pada grafik kontur plot dan grafik 3D permukaan respon pada **Gambar 4.7**. Grafik kontur plot ditampilkan pada **Gambar 4.7** (a), sumbu X menunjukkan konsentrasi sorbitol dan sumbu Y menunjukkan lama pembekuan. Garis kontur menunjukkan bahwa kontur terbagi menjadi 5 wilayah dengan warna yang berbeda. Warna tersebut menunjukkan nilai respon pengembangan roti. Semakin berwarna biru menunjukkan nilai respon pengembangan roti terendah dan semakin berwarna merah menunjukkan nilai respon pengembangan roti tertinggi.



A: Konsentrasi Sorbitol

(a)



A: Konsentrasi Sorbitol

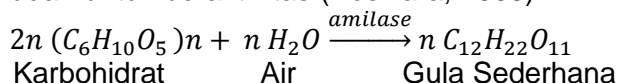
(b)

Gambar 4.7 Grafik Respon Pengembangan Roti
(a) Respon Surface Plot berbentuk kontur
(b) Respon Surface Plot berbentuk tiga dimensi dari respon pengembangan roti

Gambar 4.7 (b) menggambarkan bentuk permukaan dari hubungan interaksi antar faktor konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan terhadap respon pengembangan roti. Grafik 3D yang dihasilkan berbentuk parabola terbuka ke bawah. Hal tersebut menunjukkan pengembangan roti maksimum yang dihasilkan berada di sekitar titik tengah konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan yaitu konsentrasi sorbitol 7,5% dan lama pembekuan 6 jam. Pengembangan roti paling kecil berada pada titik konsentrasi sorbitol 5% dan lama pembekuan 8 jam. Mulanya pengembangan roti semakin besar seiring dengan peningkatan lama pembekuan, namun pada titik tertentu pengembangan roti justru semakin menurun. Pengaruh lama pembekuan yakni menurunkan volume roti, penurunan kualitas roti tersebut merupakan hasil dari hilangnya stabilitas adonan selama proses pembekuan karena terbentuknya kristal es (Myriam *et. al.*, 2003).

Demikian pula dengan konsentrasi sorbitol yakni mulanya pengembangan roti semakin tinggi seiring dengan penambahan konsentrasi sorbitol, namun pada titik tertentu pengembangan roti justru semakin menurun. Penambahan sorbitol dapat meningkatkan ketahanan dan mencegah kerusakan mikrobiologis (Aminudin dkk, 2013). Sorbitol sebagai *cryoprotectant* meningkatkan kemampuan air sebagai energi pengikat sehingga membantu protein agar tetap stabil dan mengurangi adanya pertukaran molekul air dengan protein (Zhou and Selomulyo, 2007). Kelemahan adonan beku yaitu penurunan retensi gas CO₂ selama *proofing* dan penurunan volume roti akibat kematian sel-sel khamir (Soekotjo, 2010). Penambahan sorbitol diduga dapat meningkatkan daya kembang adonan karena dapat menjaga ketahanan sel *yeast* selama pembekuan serta menjaga kestabilan gluten dalam adonan. Sel *yeast* akan memproduksi gas CO₂ dan etanol dengan bantuan substrat berupa gula. Etanol yang dihasilkan sebagian besar hilang saat pemanggangan, sedangkan gas CO₂ yang dihasilkan akan ditangkap atau ditahan oleh gluten dari tepung terigu sehingga adonan mengembang. Adonan yang mengembang kemudian masuk tahap pemanggangan dengan oven. Beberapa menit setelah adonan masuk oven, terjadi

peningkatan volume adonan cepat (*oven spring*). *Yeast* berinteraksi dengan gula alami dalam adonan. Roti mengembang dengan baik apabila *yeast* mampu menciptakan proporsi gas yang tepat. Panas oven membuat enzim amilase dalam *yeast* menjadi aktif dan terjadi perubahan pati menjadi gula-gula sederhana dikenal sebagai dekstrin, sehingga *yeast* lebih mudah untuk beraktivitas (Koswara, 2009).



Hal ini menyebabkan proses fermentasi semakin cepat dan terjadi perbesaran gas dalam adonan. Selain itu, air dalam adonan berubah menjadi uap dan mendorong pengembangan adonan. Uap dan gas CO₂ bekerja sama mengembangkan adonan dalam oven. CO₂ terperangkap dalam jaringan gluten yang menyebabkan roti bisa mengembang. Reaksi biokimia adonan selama pemanggangan ditunjukkan pada **Tabel 4.11**.

Tabel 4.11 Reaksi Biokimia Adonan Selama Pemanggangan dalam Oven

| Suhu Internal Adonan | Proses |
|----------------------|---|
| 35°C | Adonan masuk dalam oven |
| 55°C | Pati mulai mengembang dan pecah |
| 60°C | Yeast mati |
| 60 - 65°C | Terjadi gelatinisasi pati |
| 70°C | Denaturasi gluten |
| 74°C | Koagulasi protein |
| 76°C | Alkohol dibebaskan |
| 77 - 82°C | Aktivitas enzim terhenti |
| 80 - 100°C | Pembentukan pori-pori roti (<i>crumb</i>) |
| 150 - 205°C | Pembentukan <i>crust</i> roti |

Sumber : Syarbini (2013)

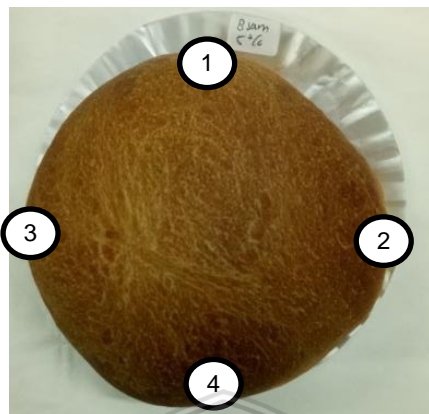
Pada suhu 50-60°C, aktivitas metabolisme *yeast* meningkat sampai terjadi kerusakan sel *yeast* karena panas berlebihan. Saat suhu mencapai 76°C alkohol dibebaskan serta menyebabkan peningkatan tekanan dalam gelembung udara. Sejalan dengan gelatinisasi pati, struktur gluten mengalami kerusakan karena penarikan air oleh pati. Di atas suhu 76°C

terjadi penggumpalan gluten yang memberikan struktur *crumb*. Pada akhir pembakaran, terjadi pembentukan *crust* serta aroma. Pembentukan *crust* merupakan hasil reaksi *maillard* dan karamelisasi gula. Kondisi adonan yang baik akan menghasilkan pengembangan roti yang optimal. Hal ini dapat dilakukan dengan menjaga ketahanan sel *yeast* dan gluten dengan penambahan sorbitol agar didapatkan pengembangan roti yang maksimal.

Penurunan pengembangan roti seiring meningkatnya konsentrasi sorbitol disebabkan oleh air bebas diikat oleh sorbitol dan ditahan dalam bahan. Hal tersebut menyebabkan air yang tersedia untuk pertumbuhan mikroorganisme berkurang dan *Aw* dalam bahan cenderung menurun. Jika *Aw* rendah maka dapat menghambat aktivitas mikroorganisme (Zubaedah, 2002 dalam Murni, 2012). Semakin tinggi penambahan sorbitol maka air bebas yang terikat dalam bahan juga semakin banyak sehingga air yang tersedia sedikit karena antara sorbitol dan air terjadi ikatan kovalen gugus O dan H sorbitol dengan gugus O dan H air (Monris, 2013). Air bebas yang terdapat dalam bentuk murni sebagai air permukaan, air tidak termasuk sebagai komponen produk tetapi berasal dari luar seperti kondensasi dan lain-lain. Air dapat dikelompokkan sebagai air bebas selama tidak bercampur atau bereaksi pada komponen permukaan bahan (Kupriannof, 1985). Penambahan konsentrasi sorbitol yang semakin tinggi mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan *yeast* sehingga semakin banyak penambahan sorbitol justru dapat mengurangi daya kembang roti.

4.2.3 Pengaruh Konsentrasi Sorbitol dan Lama Pembekuan Terhadap Tingkat Kekerasan Roti

Tingkat kekerasan diperoleh berdasarkan uji kekerasan pada 4 titik roti kemudian dirata-rata. Tujuan dipilih empat titik pengukuran yakni agar didapatkan angka yang mendekati nilai tepat, mengingat pada titik tertentu tingkat keempukan berbeda. Titik pengukuran tingkat kekerasan ditunjukkan pada **Gambar 4.8**.



Gambar 4.8 Titik Pengukuran Tingkat Kekerasan Roti

4.2.3.1 Pemilihan Model

Penentuan model terbaik terhadap respon tingkat kekerasan roti dapat diketahui berdasarkan tiga macam pengujian yaitu analisis *sequential model sum of squares*, uji *lack of fit* dan analisis *model summary statistics*. Adapun pembahasan masing-masing tabel adalah sebagai berikut.

Tabel 4.12 Hasil Analisis *Sequential Model Sum of Squares* Respon Tingkat Kekerasan Roti

| Sumber | Jumlah Kuadrat | Df | Rata-rata Kuadrat | F Hitung | Nilai P Prob>F | Keterangan |
|-----------|----------------|----|-------------------|----------|----------------|------------------|
| Mean | 2,11 | 1 | 2,11 | | | <i>Suggested</i> |
| Linier | 2,489E-003 | | 21,244E-003 | 0,33 | 0,7233 | |
| 2FI | 1,000E-002 | | 11,000E-002 | 3,31 | 0,1022 | <i>Suggested</i> |
| Kuadratik | 6,894E-003 | | 23,447E-003 | 1,19 | 0,3593 | |
| Kubik | 3,761E-003 | | 21,881E-003 | 0,57 | 0,5990 | <i>Aliased</i> |
| Residu | 0,017 | | 53,307E-003 | | | |
| Total | 2,15 | 13 | 0,17 | | | |

Tabel 4.12 menunjukkan bahwa model yang disarankan oleh program adalah model 2FI. Seluruh nilai P pada tabel tersebut memiliki nilai lebih besar dari 0,05. Model 2FI dipilih karena memiliki nilai P lebih kecil daripada model linier, kuadratik dan kubik yaitu sebesar 0,1022. Seluruh jenis model tidak berpengaruh nyata terhadap respon tingkat kekerasan roti. Model 2FI disarankan oleh program karena dianggap memiliki pengaruh yang paling signifikan terhadap respon tingkat kekerasan roti daripada model lainnya. Selanjutnya ketidaktepatan model kuadratik diprediksi menggunakan analisis *lack of fit test*.

Tabel 4.13 Hasil Analisis Uji *Lack of Fit* Respon Tingkat Kekerasan Roti

| Sumber | Jumlah Kuadrat | Df | Rata-rata Kuadrat | F Hitung | Nilai P Prob>F | Keterangan |
|-----------|----------------|----|-------------------|----------|----------------|------------|
| Linier | 0,033 | 6 | 5,445E-003 | 4,82 | 0,0749 | |
| 2FI | 0,023 | 5 | 4,534E-003 | 4,01 | 0,1015 | Suggested |
| Kuadratik | 0,016 | 3 | 5,258E-003 | 4,65 | 0,0858 | |
| Kubik | 0,012 | 1 | 0,012 | 10,63 | 0,0311 | Aliased |
| Galat | 4,520E-003 | 4 | 1,130E-003 | | | |

Tabel 4.13 menunjukkan bahwa model yang disarankan oleh program adalah model 2FI. Model tersebut dipilih karena memiliki nilai P lebih dari 5% (0,05) yaitu sebesar 0,1015. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh nyata antara ketidaktepatan model dengan respon tingkat kekerasan roti. Selanjutnya analisis pemilihan model respon tingkat kekerasan roti dilihat berdasarkan analisis *Model Summary Statistics* berikut ini.

Tabel 4.14 Hasil Analisis *Model Summary Statistics* Respon Tingkat Kekerasan Roti

| Sumber | Standar Deviasi | R ² | Adjusted R ² | Predicted R ² | PRESS | Keterangan |
|-----------|-----------------|----------------|-------------------------|--------------------------|-------|------------------|
| Linier | 0,061 | 0,0627 | -0,1247 | -0,8410 | 0,073 | |
| 2FI | 0,055 | 0,3148 | 0,0863 | -1,5488 | 0,10 | <i>Suggested</i> |
| Kuadratik | 0,054 | 0,4885 | 0,1232 | -2,0051 | 0,12 | |
| Kubik | 0,058 | 0,5833 | -0,000 | -18,5545 | 0,78 | <i>Aliased</i> |

Tabel 4.14 menggambarkan pengaruh konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan terhadap respon tingkat kekerasan roti. Adapun model yang dipilih oleh program yaitu model 2FI. Model tersebut disarankan karena dianggap paling signifikan terhadap respon tingkat kekerasan roti yaitu nilai *R-squared* sebesar 0,3148 artinya variabel konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan berpengaruh terhadap respon tingkat kekerasan roti sebesar 31,48% sedangkan 68,52% lainnya dipengaruhi oleh faktor lain.

4.2.3.2 Hasil Analisis Ragam ANOVA

Hasil analisis ragam ANOVA ditunjukkan dalam **Tabel 4.15** sebagai berikut.

Tabel 4.15 Hasil Analisis Ragam ANOVA terhadap Respon Tingkat Kekerasan Roti

| Sumber | Jumlah Kuadrat | Df | Rata-rata Kuadrat | F Hitung | Nilai P Prob > F | Keterangan |
|-------------------------|----------------|----|-------------------|----------|------------------|------------------|
| Model | 0,019 | 5 | 3,877E-003 | 1,34 | 0,3499 | Tidak Signifikan |
| A- Konsentrasi Sorbitol | 2,450E-003 | 1 | 2,450E-003 | 0,85 | 0,3885 | Tidak Signifikan |
| B-Lama Pembekuan | 3,860E-005 | 1 | 3,860E-005 | 0,013 | 0,9114 | Tidak Signifikan |
| AB | 1,000E-002 | 1 | 1,000E-002 | 3,45 | 0,1056 | Tidak Signifikan |
| A ² | 3,483E-003 | 1 | 3,483E-003 | 1,20 | 0,3093 | Tidak Signifikan |

Tabel 4.15 Hasil Analisis Ragam ANOVA terhadap Respon Tingkat Kekerasan Roti (Lanjutan)

| Sumber | Jumlah Kuadrat | Df | Rata-rata Kuadrat | F Hitung | Nilai P Prob > F | Keterangan |
|----------------|----------------|----|-------------------|----------|------------------|------------------|
| B ² | 4,304E-003 | 1 | 4,304E-003 | 1,48 | 0,2625 | Tidak Signifikan |
| Residu | 0,020 | 7 | 2,899E-003 | | | |
| Lack of Fit | 0,016 | 3 | 5,258E-003 | 4,65 | 0,0858 | Tidak Signifikan |
| Galat | 4,520E-003 | 4 | 1,130E-003 | | | |
| Total | 0,040 | 12 | | | | |

Tabel 4.15 menunjukkan hasil analisis ragam (ANOVA) respon tingkat kekerasan roti. Model memiliki nilai P lebih dari 0,05 yaitu sebesar 0,3499 sehingga dinyatakan tidak signifikan terhadap respon tingkat kekerasan roti. Faktor konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan memiliki nilai P lebih besar dari 5% (0,05) yaitu masing-masing sebesar 0,3885 dan 0,9114 sehingga keduanya dinyatakan tidak signifikan terhadap respon kekerasan roti. *Lack of fit* memiliki nilai P lebih besar dari 5% (0,05) yaitu sebesar 0,0858 artinya ketidaktepatan model 2FI bersifat tidak signifikan. Berdasar hasil analisis ragam respon tingkat kekerasan roti dapat diketahui persamaan model. Adapun persamaan model pada respon tingkat kekerasan roti yang didapatkan adalah sebagai berikut.

$$Y_3 = 0,29016 + 0,013300X_1 + 1,47335E-003X_2 - 0,01X_1X_2 + 3,58000E-003X_1^2 + 6,21875E-003X_2^2$$

Keterangan:

Y₃ = Respon Tingkat Kekerasan Roti (kg/cm²)

X₁ = Konsentrasi Sorbitol (%)

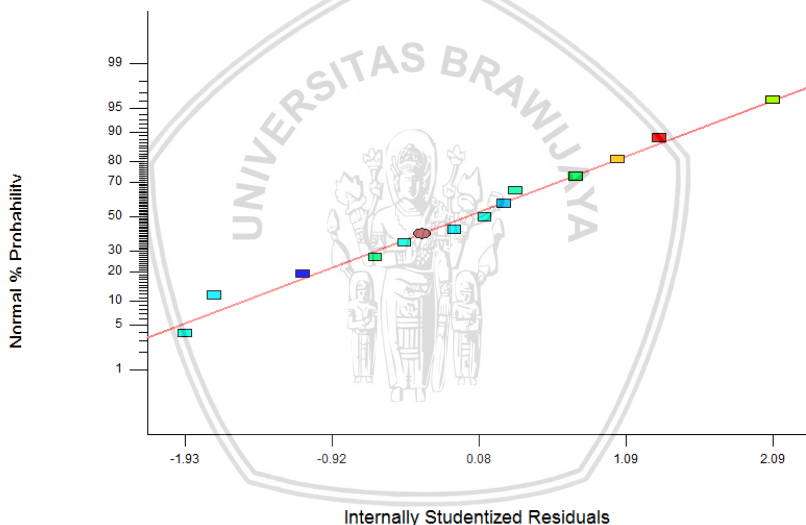
X₂ = Lama Pembekuan (Jam)

Persamaan kuadratik tersebut digunakan untuk mengetahui nilai respon tingkat kekerasan roti yang didapatkan jika digunakan konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan yang berbeda. Respon tingkat kekerasan roti paling dipengaruhi oleh kuadrat lama pembekuan. Respon tingkat kekerasan roti

menunjukkan hasil yang maksimal seiring bertambahnya nilai konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan serta kuadrat konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan.

4.2.3.3 Analisis Grafik Permukaan Respon

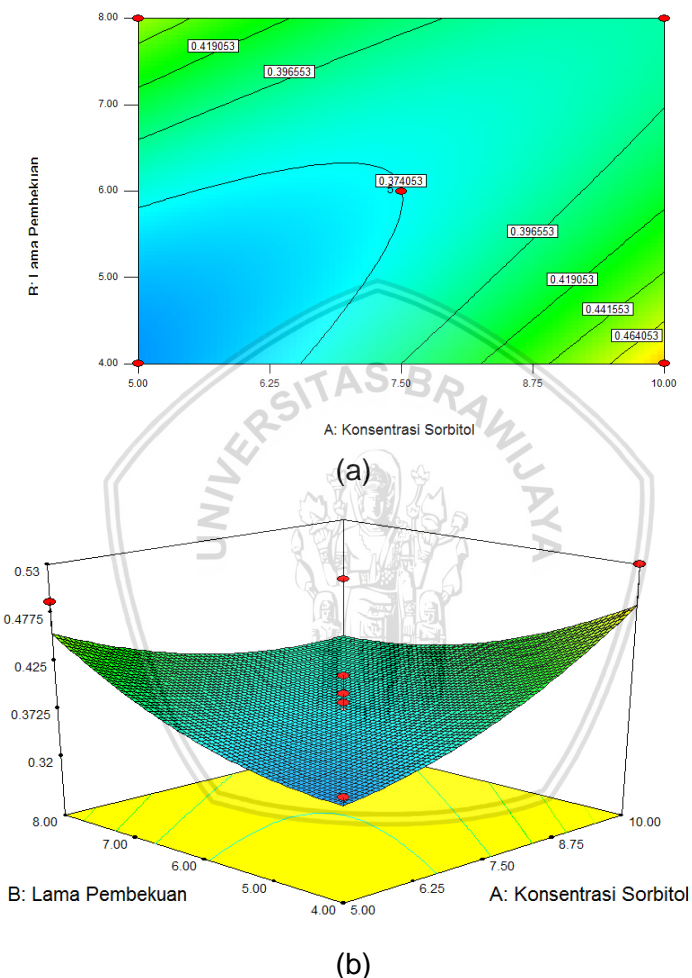
Kurva *normal plot of residuals* digunakan untuk mendeteksi apakah data yang akan dianalisis berdistribusi normal atau tidak. Model yang baik memiliki nilai residual yang normal. Model yang dipilih pada respon tingkat kekerasan roti yaitu model 2FI. Adapun kurva *normal plot of residual* dari model tersebut digambarkan pada **Gambar 4.9**.



Gambar 4.9 Normal Plot of Residual Respon Tingkat Kekerasan Roti

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa tidak semua titik residual berada tepat di sepanjang garis diagonal, titik residual digambarkan berada di dekat dan mengikuti garis diagonalnya. Nilai residual menyebar normal artinya hasil aktual akan mendekati hasil yang diprediksi oleh program. Hal ini menunjukkan bahwa respon tingkat kekerasan roti memiliki data

yang telah terdistribusi normal artinya model yang terpilih sudah baik.



Gambar 4.10 Grafik Respon Tingkat Kekerasan Roti
 (a) *Respon Surface Plot* berbentuk kontur
 (b) *Respon Surface Plot* berbentuk tiga dimensi

Hubungan antara konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan terhadap tingkat kekerasan roti digambarkan pada grafik kontur plot dan grafik 3D permukaan respon pada **Gambar 4.10**. Grafik kontur plot ditunjukkan pada **Gambar 4.10** (a), dimana sumbu X menunjukkan konsentrasi sorbitol dan sumbu Y menunjukkan lama pembekuan. Garis kontur menunjukkan bahwa kontur terbagi menjadi 5 wilayah dengan warna yang berbeda. Warna tersebut menunjukkan nilai respon kekerasan roti. Semakin berwarna biru menunjukkan nilai respon kekerasan roti terendah dan semakin berwarna merah menunjukkan nilai respon tingkat kekerasan roti tertinggi.

Gambar 4.10 menggambarkan bentuk permukaan dari hubungan interaksi antar faktor konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan terhadap respon tingkat kekerasan roti. Grafik 3D yang dihasilkan berbentuk tidak beraturan. Hal tersebut menunjukkan bahwa tingkat kekerasan roti yang sesuai target berada disekitar titik tengah konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan yaitu pada titik konsentrasi sorbitol 7,5% dan lama pembekuan 6 jam. Berdasar hasil anova pada **Tabel 4.15** menunjukkan bahwa pengaruh konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan terhadap tingkat kekerasan roti yaitu tidak signifikan. Hal tersebut dikarenakan lama pembekuan tidak berpengaruh terhadap tingkat kekerasan. Tingkat kekerasan dipengaruhi oleh protein, sementara tepung terigu yang digunakan memiliki jenis yang sama yakni tepung terigu protein tinggi. Jaringan gluten adalah kunci dari struktur yang dapat memerangkap gas, mendapatkan volume yang diinginkan dan berkontribusi tekstur adonan roti (Gosaert *et. al.*, 2005 dalam Selmo dan Salas Mellado, 2014).

Roti yang mempunyai tingkat keempukan optimal berkisar $0,30 < x < 0,35 \text{ kg/cm}^2$. Roti yang dianggap mempunyai tingkat keempukan yang rendah (keras) adalah roti yang tidak mengembang, padat atau *bantet* (Kartiawan dan Badewi, 2016). Berdasar pengukuran *Hardness Tester* kisaran tingkat kekerasan roti dapat digolongkan: 1) Roti sangat empuk kisaran nilai $0,30 \text{ kg/cm}^2$, 2) Roti empuk kisaran nilai $0,40 \text{ kg/cm}^2$, 3) Roti keempukan sedang kisaran nilai $0,45 \text{ kg/cm}^2$, dan 4) Roti keras (*bantet*) bernilai $> 0,50 \text{ kg/cm}^2$ (Kartiawan dkk, 2015).

Penambahan bahan pengemulsi dapat meningkatkan keseragaman pori dan memperbaiki karakteristik roti manis karena berperan sebagai bahan mengikat antar granula pati, mempunyai dua gugus yaitu gugus polar dan non polar. Gugus polar berinteraksi dengan fraksi amilosa membentuk ikatan kompleks dan matriks sehingga dapat membantu kinerja gluten. Sedangkan gugus nonpolar juga berinteraksi dengan amilosa yaitu pada pemanasan pati lebih lanjut mengakibatkan pelarutan (Griffin dan Lynch, 1968). Komposisi tambahan diperlukan untuk mempertahankan dan memperbaiki tingkat keempukan roti yaitu *emulsifier*.

4.3 Hasil Optimasi Konsentrasi Sorbitol dan Lama Pembekuan pada Desain Komposit Terpusat

Solusi optimal ditunjukkan oleh *Design Expert* dengan menentukan kriteria masing-masing faktor dan respon. Kriteria yang ditentukan mengarah pada tujuan yang diinginkan. Faktor konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan, keduanya ditentukan agar mendapat titik optimal dalam *range* penelitian. Respon pengembangan adonan dipilih kriteria minimum agar didapatkan pengembangan adonan yang minimal. Respon pengembangan roti dipilih kriteria maksimum agar didapatkan pengembangan roti yang maksimal dan dipilih kriteria target untuk respon kekerasan roti yaitu ditargetkan sebesar $0,35 \text{ kg/cm}^2$, target tersebut untuk mendapatkan tekstur roti yang empuk. Adapun hasil solusi optimal berdasarkan kriteria atau tujuan yang sudah ditetapkan ditunjukkan dalam **Tabel 4.16** di bawah ini.

Tabel 4.16 Solusi Hasil Komputasi

| Parameter | Standar Prediksi |
|---|------------------|
| Konsentrasi Sorbitol (%) | 7,37 |
| Lama Pembekuan (Jam) | 5,76 |
| Pengembangan Adonan (%) | 7,361 |
| Pengembangan Roti (%) | 421,475 |
| Tingkat Kekerasan Roti (Kg/cm^2) | 0,372 |
| Ketepatan | 0,803 |
| Keterangan | Terpilih |

Tabel 4.16 menunjukkan konsentrasi sorbitol 7,37% dan lama pembekuan 5,76 jam akan mendapatkan pengembangan adonan sebesar 7,361%, pengembangan roti sebesar 421,475% dan tingkat kekerasan roti sebesar 0,372 kg/cm² dengan nilai ketepatan sebesar 0,803. Tahap selanjutnya yang perlu dilakukan yaitu verifikasi titik optimum. Verifikasi dilakukan dengan cara melakukan penelitian kembali sesuai dengan variabel yang dipilih oleh program. Hasil prediksi solusi optimum, minimum dan maksimum ditampilkan pada **Tabel 4.17** berikut ini.

Tabel 4.17 Prediksi Solusi Optimum, Minimum dan Maksimum

| Solusi | Parameter | Prediction | SE Pred | 95% PI low | 95% PI high |
|--------|------------------------|------------|------------|---------------|----------------|
| 1 | Pengembangan Adonan | 7,36 | 3,36 | -0,63 | 15,35 |
| | Pengembangan Roti | 421,47 | 71,16 | 253,20 | 589,76 |
| | Tingkat kekerasan roti | 0,37 | 0,059 | 0,23 | 0,51 |

Berdasarkan **Tabel 4.17** dapat diamati nilai prediksi pengembangan adonan optimum, minimum dan maksimum berturut-turut yaitu 7,36%; -0,63% dan 15,35%. Nilai prediksi pengembangan roti optimum, minimum dan maksimum dapat diketahui berturut-berturut yaitu 421,47%; 71,16% dan 589,76%. Adapun nilai prediksi tingkat kekerasan roti optimum, minimum dan maksimum berturut-turut yaitu 0,37kg/cm²; 0,23kg/cm² dan 0,51kg/cm².

4.4 Verifikasi Titik Optimum Hasil Prediksi

Verifikasi titik optimum dilakukan untuk memastikan solusi titik optimum dari masing-masing variabel bebas. Verifikasi dilakukan dengan uji coba perlakuan sesuai hasil solusi titik optimal, kemudian dilakukan pengukuran secara fisik untuk mendapatkan pengembangan adonan, pengembangan roti dan

tingkat kekerasan roti. Hasil uji coba selanjutnya dibandingkan dengan solusi yang diberikan oleh *Design Expert*. Adapun hasil verifikasi data titik optimal ditunjukkan pada **Tabel 4.18**.

Tabel 4.18 Hasil Verifikasi Titik Optimal

| Parameter | 95% PI Prediksi low | 95% PI Prediksi high | 95% PI Verifikasi low | 95% PI Verifikasi high | Selisih (3 - 5) | Simpang an (%) |
|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Pengembangan Adonan | 0,63 | 7,362 | 15,35 | 7,877 | 0,51 | 6,35 |
| Pengembangan Roti | 253,20 | 421,47 | 589,76 | 428,219 | 6.749 | 1,57 |
| Tingkat Kekerasan Roti | 0,23 | 0,373 | 0,51 | 0,39 | 0.02 | 4,35 |

Keterangan : *Hasil dari program Design Expert 7

**Data hasil penelitian aktual

Tabel 4.18 menunjukkan bahwa terdapat penyimpangan antara respon prediksi dan verifikasi. Penyimpangan respon pengembangan adonan, pengembangan roti dan tingkat kekerasan roti terjadi masing-masing sebesar 6,535%; 1,577% dan 4,377%. Selain itu, **Tabel 4.18** menunjukkan bahwa hasil verifikasi respon masing-masing berada diantara batas minimum dan maksimum sehingga hasil verifikasi masih dapat diterima. Nilai respon aktual yang didapatkan dari tahapan verifikasi dibandingkan dengan nilai prediksi respon. Jika hasil verifikasi yang diperoleh masih memenuhi 95% *confident interval* dan 95% *prediction interval* maka persamaan yang didapatkan dianggap cukup baik untuk menentukan proses optimum dan respon yang didapatkan (Engelen, 2015). Hal ini menunjukkan bahwa respon pengembangan adonan, pengembangan roti dan tingkat kekerasan roti sudah sesuai dengan nilai prediksi dan dapat diterima karena masing-masing nilai yang diperoleh masih memenuhi 95% PI. Sementara simpangan menyatakan ketepatan antara verifikasi dengan prediksi, respon pengembangan adonan sedikit berbeda dari

prediksi karena lebih dari 5%, respon pengembangan roti dan tingkat kekerasan roti dapat diterima karena simpangan menunjukkan kurang dari 5%.

4.5 Perbandingan Roti Manis Solusi Optimal dan Roti Manis Komersial

Roti manis solusi terpilih dan roti manis kontrol (komersial) dilakukan analisis kimia, fisik dan organoleptik. Analisis kimia meliputi kadar air, kadar protein, kadar karbohidrat, kadar lemak, dan kadar abu. Analisis fisik meliputi panjang, tinggi, volume roti dan tingkat kekerasan roti serta uji organoleptik meliputi warna, rasa, aroma dan tekstur yang dilakukan oleh 5 orang panelis terlatih. Panelis terlatih merupakan produsen produk *bakery* di Kota Malang. Uji organoleptik dilakukan dengan uji *hedonic scale scoring*, kemudian data diolah menggunakan Uji T dengan program SPSS.

4.5.1 Analisis Kimia Roti Manis

Analisis kimia yang dilakukan pada sampel roti manis meliputi kadar air, kadar protein, kadar karbohidrat, kadar lemak dan kadar abu. Sampel roti manis yang dianalisis yaitu roti manis solusi terpilih dan roti manis kontrol, yakni roti manis dari adonan beku suatu perusahaan. Roti manis terpilih diberi perlakuan konsentrasi sorbitol 7,37% dan lama pembekuan selama 5,76 Jam. Sementara roti manis kontrol diberi perlakuan tanpa sorbitol dan lama pembekuan yang sama yaitu selama 5,76 Jam. Hasil analisis kimia kedua sampel tersebut ditunjukkan pada **Tabel 4.19**.

Tabel 4.19 Hasil Analisis Kimia Roti Manis

| Parameter | Hasil Analisis | | Literatur |
|-------------------|----------------|---------|-----------|
| | Solusi Optimal | Kontrol | |
| Kadar Air (%) | 26,43 | 26,67 | Maks. 40 |
| Kadar Protein (%) | 7,11 | 7,40 | - |

Tabel 4.19 Hasil Analisis Kimia Roti Manis (Lanjutan)

| Parameter | Solusi Optimal | Kontrol | Literatur |
|-----------------------|----------------|---------|-----------|
| Kadar Karbohidrat (%) | 59,18 | 57,32 | |
| Kadar Lemak (%) | 6,33 | 7,53 | Maks. 3 |
| Kadar Abu (%) | 0,93 | 1,08 | Maks. 3 |

Keterangan: *) Solusi Optimal = Roti manis dengan konsentrasi sorbitol 7.37% dan lama pembekuan 5.76 Jam

Pada **Tabel 4.19** dapat diketahui kadar air roti manis solusi optimal dan roti manis kontrol masing-masing sebesar 26,43% dan 26,67%. Menurut SNI roti manis 01-3840-1995 syarat kadar air maksimal 40%, artinya kedua sampel memenuhi persyaratan kadar air roti manis. Air merupakan komponen penting dalam mempengaruhi tekstur, penampakan dan citarasa makanan. Kandungan air dalam bahan pangan juga ikut menentukan daya terima, kesegaran dan daya tahan produk (Buckle *et al.*, 1987).

Kadar Protein roti manis solusi optimal dan kontrol masing-masing sebesar 7,11% dan 7,40%. Tekstur roti dipengaruhi oleh semua bahan baku yang digunakan meliputi tepung terigu, gula, lemak, susu, telur dan bahan pengembang. Tekstur dipengaruhi oleh protein, kandungan air, lemak dan karbohidrat (Susilawati dan Medikasari 2008). Kadar protein kedua sampel tidak jauh berbeda karena menggunakan bahan yang sama yaitu tepung terigu berprotein tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan sorbitol tidak berpengaruh terhadap kadar protein pada roti manis. Kadar karbohidrat roti manis solusi optimal dan kontrol masing-masing sebesar 59.18% dan 57.32%. SNI roti manis tidak mencantumkan kadar karbohidrat. Menurut Matz (1972), tepung terigu berprotein tinggi memiliki kandungan karbohidrat sekitar 68%. Berdasarkan hasil penelitian, kadar karbohidrat mendekati angka 60% dan tidak berbeda jauh mengingat adanya proses pemanggangan yang memungkinkan hilangnya kandungan karbohidrat.

Kadar Protein roti manis solusi optimal dan kontrol masing-masing sebesar 6,33% dan 7,53%. Kadar lemak tersebut jauh lebih tinggi dari standar mutu roti manis yaitu maksimal 3%. Menurut Arinda (2015) dalam Setyani, dkk (2016), peningkatan

kadar lemak disebabkan kandungan lemak kasar yang berasal dari massa sel mikroba yang tumbuh dan berkembang biak pada media, sehingga mempengaruhi kadar lemak suatu produk.

Pengukuran kadar abu bertujuan untuk mengetahui besarnya kandungan mineral yang terdapat pada roti. Roti manis solusi optimal menunjukkan nilai kadar abu sebesar 0,93% dan kadar abu roti manis kontrol sebesar 1,08%. Hal ini sesuai dengan SNI roti manis yang menyebutkan kadar abu maksimal 3%. Menurut Sudarmadji dkk. (1997) dalam Damat dkk, (2008), abu merupakan mineral dalam bahan pangan yang meliputi kalsium, fosfor, natrium dan besi. Peningkatan kadar abu diduga disebabkan oleh faktor eksternal yakni kandungan mineral pada alat dan bahan yang berinteraksi selama proses. Kadar abu kedua sampel dinyatakan dalam batas aman. Data analisis kimia roti manis dapat dilihat pada **Lampiran 16**.

4.5.2 Analisis Fisik Roti Manis

Analisis fisik yang dilakukan meliputi pengukuran panjang, tinggi dan volume roti serta tingkat keempukan roti. Hasil analisis fisik kedua sampel roti manis ditunjukkan pada **Tabel 4.20** berikut ini.

Tabel 4.20 Hasil Analisis Fisik Roti Manis





| Sampel | Hasil Analisis | | | |
|---------|------------------|-------------------|--------------------------------|---|
| | Tinggi Roti (mm) | Panjang Roti (mm) | Volume Roti (cm ³) | Tingkat Kekerasan (kg/cm ²) |
| Solusi | 56,67 | 118,53 | 353,67 | 0,39 |
| Kontrol | 59 | 112,35 | 311 | 0,59 |

Tabel 4.20 menunjukkan tinggi roti solusi optimal sebesar 56,67 mm lebih rendah dari tinggi roti manis kontrol yaitu sebesar 59 mm, sementara panjang roti solusi optimal sebesar 118,53 mm lebih panjang dari roti manis kontrol yaitu sebesar 112,35 mm. Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan roti manis solusi optimal secara vertikal dan roti manis kontrol secara







horizontal. Kemudian dilakukan pengukuran volume kedua roti manis hasil yang didapatkan yaitu volume roti manis solusi optimal sebesar 353,67 cm³ dan volume roti manis kontrol yaitu 311 cm³, pengukuran volume roti manis dilakukan secara manual menggunakan gelas ukur.

Pengukuran selanjutnya pada tingkat kekerasan roti menggunakan *hardness tester* dengan *tip* berdiameter 3 mm. Hasil yang didapatkan yaitu roti manis solusi optimal sebesar 0,39 kg/cm² dan roti manis kontrol sebesar 0,59 kg/cm². Berdasarkan penilaian instrumen *hardness tester*, roti yang mempunyai tingkat keempukan optimal berkisar 0,30<x<0,35 kg/cm². Roti yang dianggap mempunyai tingkat keempukan yang rendah (keras) adalah roti yang tidak mengembang, padat atau *bantet* (Kartiwan dan Badewi, 2016). Hal ini menunjukkan bahwa keduanya belum memenuhi standar keempukan, hal ini disebabkan oleh banyak faktor seperti lama *mixing* dan kurang proporsi kuning telur.

Tabel 4.21 Penampakan Roti Manis Solusi Optimal dan Kontrol

| Parameter | Solusi Optimal | Kontrol |
|---|---|---|
| Penampakan adonan beku |  |  |
| Penampakan adonan beku setelah Setelah di suhu 26±2°C selama 45 menit |  |  |

Tabel 4.21 Penampakan Roti Manis Solusi Optimal dan Kontrol (Lanjutan)

| Parameter | Solusi Optimal | Kontrol |
|-------------------------|---|--|
| Penampakan bagian dalam |  |  |
| Penampakan bagian luar |  |  |
| Penampakan Bawah |  |  |

Keterangan: *) Solusi Optimal = Roti manis dengan konsentrasi sorbitol 7.37% dan lama pembekuan 5.76 Jam

Tabel 4.21 menunjukkan penampakan fisik roti manis tampak atas, bawah dan bagian dalam. Roti yang berkualitas memiliki karakteristik eksternal tertentu, diantaranya memiliki volume yang cukup, warna roti coklat keemasan, pemanggangan merata, bentuk simetris dan memiliki kulit roti yang tipis. Sedangkan karakteristik internal, diantaranya warna bagian dalam (*crumb*) yang cerah, pori-pori seragam dengan dinding pori yang tipis, tekstur halus, lembut dan tidak bersifat remah, aroma khas roti yang segar dan menyenangkan (Pusuma, 2017).

4.5.3 Organoleptik Roti Manis

Tabel 4.22 Uji Organoleptik Roti Manis

| Parameter | Hasil Analisis | | Sig (2-tailed) |
|-----------|------------------|---------|----------------|
| | Solusi Optimal)* | Kontrol | |
| Rasa | 3,6 | 4,2 | 0,565 |
| Warna | 3,6 | 3,6 | 1 |
| Aroma | 3,4 | 3 | 0,455 |
| Tekstur | 3,6 | 2,8 | 0,447 |

Keterangan: *) Solusi Optimal = Roti manis dengan konsentrasi sorbitol 7.37% dan lama pembekuan 5.76 Jam

Berdasarkan **Tabel 4.22** menunjukkan bahwa nilai rata-rata rasa solusi optimal sebesar 3,6 dan rata-rata rasa roti manis kontrol sebesar 4,2. Hal ini menunjukkan bahwa dalam segi rasa roti manis kontrol lebih disukai oleh panelis. Kemudian nilai *Sig (2-tailed)* dapat diketahui sebesar 0,565 yakni nilai sig: $0,565 > 0,05$ artinya tidak ada perbedaan varians pada rasa roti manis solusi optimal dan roti manis kontrol. Data organoleptik dan uji T rasa roti manis dapat dilihat pada **Lampiran 13**. Nilai rata-rata warna roti manis solusi optimal sama dengan rata-rata warna roti manis kontrol yaitu sebesar 3,6. Hal ini menunjukkan bahwa dalam segi warna kedua roti manis memiliki penilaian yang sama. Kemudian nilai *Sig (2-tailed)* dapat diketahui sebesar 1 yakni nilai sig: $1 > 0,05$ artinya tidak ada perbedaan varians pada warna roti manis solusi optimal dan roti manis kontrol. Data organoleptik dan uji T warna roti manis dapat dilihat pada **Lampiran 14**.

Adapun nilai rata-rata aroma roti manis solusi optimal sebesar 3,4 dan rata-rata aroma roti manis kontrol sebesar 3. Hal ini menunjukkan bahwa dalam segi aroma roti manis solusi optimal lebih disukai oleh panelis. Kemudian nilai *Sig (2-tailed)* dapat diketahui sebesar 0,455 yakni nilai sig: $0,455 > 0,05$ artinya tidak ada perbedaan varians pada aroma roti manis solusi optimal dan roti manis kontrol. Data organoleptik dan uji T aroma roti manis dapat dilihat pada **Lampiran 12**. Nilai rata-rata tekstur roti manis solusi optimal sebesar 3,6 dan rata-rata

tekstur roti manis kontrol sebesar 2,8. Hal ini menunjukkan bahwa dalam segi tekstur roti manis solusi optimal lebih disukai oleh panelis. Kemudian nilai *Sig (2-tailed)* dapat diketahui sebesar yakni nilai sig: $0,477 > 0,05$ artinya tidak ada perbedaan varians pada tekstur roti manis solusi optimal dan roti manis kontrol. Data organoleptik dan uji T tekstur roti manis dapat dilihat pada **Lampiran 15**.

4.6 Rangkuman Hasil Penelitian

Berdasarkan analisis kimia, fisik dan organoleptik yang dilakukan diperoleh perbandingan yang ditunjukkan pada **Tabel 4.23**.

Tabel 4.23 Rangkuman Hasil Penelitian

| Parameter | Hasil Analisis | |
|---|----------------|---------|
| | Solusi Optimal | Kontrol |
| Respon | | |
| Pengembangan Adonan (%) | 7,877* | 8,97 |
| Pengembangan Roti (%) | 428,22* | 230,85 |
| Tingkat Kekerasan Roti (kg/cm^2) | 0,39* | 0,59 |
| Kimia | | |
| Kadar Air (%) | 26,43 | 26,67 |
| Kadar Protein (%) | 7,11 | 7,40 |
| Kadar Karbohidrat (%) | 59,18 | 57,32 |
| Kadar Lemak (%) | 6,33 | 7,53 |
| Kadar Abu (%) | 0,93 | 1,08 |
| Fisik | | |
| Tinggi Roti (mm) | 56,67 | 59* |
| Panjang Roti (mm) | 118,53* | 112,35 |
| Volume Roti (mm) | 353,67* | 311 |
| Tingkat Kekerasan Roti (kg/cm^2) | 0,39* | 0,59 |
| Organoleptik | | |
| Rasa | 3,6 | 4,2* |
| Warna | 3,6 | 3,6 |
| Aroma | 3,4* | 3 |
| Tekstur | 3,6* | 2,8 |

Keterangan: *) Nilai yang dipilih/hasil terbaik

Tabel 4.23 menunjukkan perbandingan respon solusi optimal dengan kontrol yakni penambahan sorbitol menunjukkan ketahanan adonan dan pengembangan roti yang lebih baik, sementara berdasarkan pertimbangan fisik, kimia dan organoleptik keduanya tidak berbeda nyata. Pada parameter uji kimia kedua sampel menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda. Pada uji fisik dan organoleptik solusi terbaik adalah roti manis solusi optimal. Hasil secara keseluruhan solusi optimal dipilih sebagai solusi terbaik.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasar hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Solusi terpilih untuk roti manis yang berkualitas sesuai dengan pertimbangan hasil respon dan penerimaan konsumen adalah roti manis dengan konsentrasi sorbitol 7,37% dan lama pembekuan 5,76 jam.
2. Konsentrasi sorbitol dan lama pembekuan optimal yang didapatkan yaitu masing-masing sebesar 7,37% dan 5,76 jam. Hasil analisis kimia roti manis dengan konsentrasi sorbitol 7,37% dan lama pembekuan 5,76 jam memiliki kadar air 26,43%, kadar protein 7,11%, kadar karbohidrat 59,18%, kadar lemak 6,33% dan kadar abu 0,93%. Hasil analisis fisik roti manis memiliki tinggi roti 56,67 mm, panjang roti 118,53 mm, volume roti 353,67 cm³ dan tingkat keempukan 0,39 kg/cm². Penerimaan konsumen terkait rasa, warna, aroma, tekstur yaitu agak menyukai sampai netral.

5.2 Saran

Adapun saran yang disampaikan yakni perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait perbaikan formulasi roti manis atau penambahan bahan guna memperbaiki parameter rasa. Harapannya penerimaan konsumen menjadi lebih baik yakni suka atau sangat suka. Dengan demikian, penelitian lanjutan dapat menyempurnakan kekurangan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminudin, N., Darmanto, Y. S., dan Anggo, A. D. 2013. **Pengaruh Asam Tanat, Sukrosa dan Sorbitol Terhadap Kualitas Surimi Ikan Swangi (*Priacanthus tateus*) Selama Penyimpanan Suhu -5°C.** Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan. 2 (2): 1-13.
- Anuar, N., Adnan, A. F. M., Saat, N., Aziz, N., and Taha, R. M. 2013. **Optimization of Extraction Parameters by Using Response Surface Methodology, Purification, and Identification of Anthocyanin Fragments in Melastoma Malabathricum Fruit.** Journal The Scientific World. Article 810547: 1-11.
- Ariyanti, C. 2005. **Kajian Penggunaan Sorbitol sebagai Cryoprotectan pada Adonan Roti Tawar Beku.** Skripsi. Surabaya.
- Badan Standarisasi Nasional. 1992. **Mutu dan Cara Uji Biskuit (SNI 01-2973-1992).** BSN. Jakarta.
- Buckk, K. A., Edward, G. H., Fleet dan Cotton, M. 1987. **Food Science Cetakan Alih Bahasa Ilmu Pangan.** UI Press. Jakarta.
- Chan, L. A. 2008. **Panduan Wirausaha Roti Modern.** Jakarta. Agro Media.
- Damat. 2008. **Efek Jenis dan Konsentrasi Plasticizer terhadap Karakteristik dan Edible Film dari Pati.** Jurnal Agritek. 16(3): 333-500.
- Dewi, A. S. M. dan Wirajaya, A. 2013. **Pengaruh Struktur Modal Profitabilitas dan Ukuran Perusahaan pada Nilai-nilai Perusahaan.** E-Jurnal. Akuntansi Universitas Udayana. 4(2): 358-372.
- Dewi, H.K., Puspasari, D. A., dan Widjaja, A. 2014. **Pra Desain Pabrik Sorbitol dari Tepung Tapioka dengan Hidrogenasi Katalik.** Jurnal Teknik Pomits. 3 (1) : 33-38.
- Djajati, U. S. dan Cholifah, S. N. 2014. **Pembuatan Roti Manis (Kajian Substitusi Tepung Terigu dan Kulit Manggis dengan Penambahan Gluten).** Jurnal Rekapangan. 8 (2): 171-178.

- Dusanka, J. P., Dosanovic, I. S., Popov, S. D., Suturovic Z. J., Rankovic, J. A., Dodic, S. N., and Vucurovic, V. M. 2007. ***Influence of Dough Freezing on Saccharomyces cerevisiae Metabolism***. Journal Technology. 1(113): 293-301.
- Dvorakova, P., Kucerova, J., and Kracmar, S. 2011. ***Effect of Sweet Yeast Bread Formula on Evaluating Rapid Mix Test***. Journal Acta Universitatis Agriculture et Silviculturae Mendeliance Brunensis. 59 (5) : 39-40.
- Eckardt, J., Ohgren, C., Alpa, A., Astrom, A., Swenson, J., Johansson, D., and Langton, M. 2013. ***Long-Term Frozen Storage of Wheat Bread and Dough: Effect of Time, Temperature and Fibre on Sensory Quality Microstructure and State of Water***. Journal of Cereal Science. 1 (57): 125-133.
- Engelen, A., Sugiyono, dan Budi, J. S. 2015. **Optimasi Proses dan Formula pada Pengolahan Mi Sagu Kering (*Metroxylon sagu*)**. Jurnal Agritech. 3(5). 359-367.
- Faridah, H. M. 2015. **Pengaruh Jumlah Air dan Jenis Hidrokoloid terhadap Formula Roti Tawar Mini Bebas Gluten Bebas Tepung Beras, Pati Jagung, dan Pati Singkong**. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Flour with Spirulina***. International Food Research Journal. 21(4): 1523-1528.
- Gasperz, V. 1995. **Teknik Analisa dalam Penelitian Percobaan Edisi Pertama**. Tarsito. Bandung.
- Ghanbari, M. Dan Farmani, J. 2013. ***Influence of Hydrocolloids on Dough Properties and Quality of Barbani An Irianian Cleavend Flat Bread***. Journal Agr Sci Tech. 15: 545-555.
- Gozalli, M. 2014. **Mekanisme Pengembangan Roti**. Scribd.
- Hidayati, S., Zaidan, A. S., dan Andiani, A. 2015. **Aplikasi Sorbitol pada Produksi *Biodegradable Film* dari *Nata De Cassava***. Jurnal Reaktor. 15 (3): 196-202.
- Ismayani, Y. 2007. **100+ Tips Antigagal Bikin Kue**. Kawan Kita. Jakarta.
- Ismayani, Y. 2008. **Variasi Brownies Kukus dan Panggang**. PT Kawan Pustaka. Jakarta.

- Jariyah, Rosida dan Inda, R. H. 2015. **Efek Sorbitol Terhadap Tekstur dan Daya Simpan Produk Manggulu.** Jurnal Rekapangan. 9 (2): 1-5.
- Jinhee. 2008. ***Improving Frozen Bread Dough Quality Through Processing and Ingredients.*** *Dissertation.*
- Kartiawan dan Badewi, B. 2012. **Karakteristik Sensoris Roti Manis Berbasis Tepung Komposit yang di Fortifikasi Rumput Laut.** *Partner.* 1(2) : 50-56.
- Kartiawan, Hidayah, Z., dan Badewi, B. **Metoda Pembuatan Adonan untuk Meningkatkan Mutu Roti Manis Berbasis Tepung Komposit yang Difortifikasi Rumput Laut.** *Jurnal Partner.* 15(1): 39-47.
- Kennedy, C. J. 2000. ***Managing Frozen Foods.*** CRC Press. Washington.
- Kesuma, D. A. 2017. **Karakteristik Roti Tawar Kaya Serat yang Disubstitusi Menggunakan Tepung Ampas Kelapa.** UNEJ Press. Jember.
- Koswara, S. 2009. **Teknologi Pengolahan Roti (Teori dan Praktik).** E-book Pangan.
- Kupriannoff, J. 1958. ***Bound Water in Fundamental Aspect of Dehydration of Food Stuff.*** Soc. Am. Indtr. 14.
- Kurniawan, R. dan Yuniarto, B. 2016. **Analisis Regresi: Dasar dan Penerapannya dengan R Edisi Pertama.** Kencana. Jakarta.
- Mardiah, A. D., Trisnawati, C. Y., dan Surjoseputro, S. 2014. **Pengaruh Lama Penyimpanan Adonan Beku Terhadap Sifat Fisikokimia dan Organoleptik *Puff Pastry* yang Disubstitusi *Modified Cassava Flour*.** Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi. 13 (1): 27-33.
- Matz, S. A. 1972. ***Bakery Technology and Engineering Second Edition.*** The AVI Publishing Company Westport. Conneticut.
- Meziani, S., Jasniewski, J., Ribotta, P., Tehrany, E., Muller, J. M., Ghoul, M., and Desobry, S. 2012. ***Influence of Yeast and Frozen Storage on Rheological, Structural and Microbial Quality of Frozen Sweet Dough.*** Journal of Food Engineering. 1(109): 538-544.

- Monris, C. 2013. **Pengaruh Berbagai Konsentrasi Sorbitol terhadap Karakteristik Sensoris, Kimia dan Kapasitas Antioksidan Getuk Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas*) Selama Penyimpanan**. Digilib UNS. Surakarta.
- Monris, C. 2013. **Pengaruh Berbagai Konsentrasi Sorbitol terhadap Karakteristik Sensoris Kimia dan Kapasitas Antioksidan Gethuk Ubi Jalar Ungu Selama Penyimpanan**. Skripsi. UNS Press. Surakarta.
- Muchtadi, T. R dan Sugiyono. 1992. **Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan**. IPB Press. Bogor.
- Mudjajanto, E. S. Dan Yuliati, L. N. 2013. **Bisnis Roti**. Penebar Swadaya, Bogor.
- Murdani, H. 2010. **Rahasia membuat Roti Manis**. Demedia Pustaka. Jakarta.
- Murdani, H. 2010. **Rahasia membuat Roti Manis**. Demedia Pustaka. Jakarta
- Murni, M. 2012. **Pengaruh penambahan Sorbitol dan Waktu Pengovenan terhadap daya Simpan Gethuk Pisang Oven (Makanan Khas Kediri)**. Balistab Industri. Surabaya.
- Myers, R. H., Montgomery D. C., and Anderson, C. M. 2016. ***Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments***. John Willey & Sons. Inc. New Jersey.
- Nabors, L. O. 2001. ***Alternative Sweeteners Third Edition, Revised and Expanded***. Marcel Dekker. New York.
- Nugraha, A. T., Kristanto, H., Ayucitra, A., and Irawaty, W. 2016. ***Optimization of Domestic Microwave Maceration Extraction of Phenolic Componens From Averrhoad Biliabis Using Statistical Response Surface Methodology***. *Journal International Food Research*. 23: 26-29.
- Nuryanti dan Salimy. 2008. **Metode Permukaan Respon dan Aplikasinya pada Optimasi Eksperimen Kimia**. Risalah Lokakarya Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir.
- Paran, S. 2009. **100+ Tips Anti Gagal Bikin Roti, Cake Pastry dan Kue Kering**. PT Kawan Pustaka. Jakarta.
- Hariyadi, P. 2007. **Teknologi Pembekuan Pangan**. Seminar Nasional *Food Review Indonesia*. 11 (7): 30-35.

- Pomeranz dan Meloan. 1971. ***Food Analysis: Teory and Practice***. The AVI Publishing, Co. Inc Wesport. Connecticutco.
- Rasyad, H., Retnowati, dan Purba, E. 2004. **Peluang Bisnis Makanan Berbasis Tepung**. PT Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Ratnawati, I. 2003. **Pengayakan Kandungan Beta Karoten Mie Ubi Kayu dengan Tepung Labu Kuning**. Skripsi. UGM Press. Yogyakarta.
- Rumahorbo, P., Karo-karo, T., dan Julianti, E. 2015. **Pengaruh Konsentrasi Sorbitol dan Lama Perendaman terhadap Mutu Manisan Kering Pepaya**. Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan. 3 (1) : 63-70.
- Said, K. A. M. and Mohamed, A. M. A. 2015. **Overview on The Response Surface Methodology (RSM) in Extraction Processes**. Journal of Applied Science & Process Engineering. 2: 8-17.
- Santoni. 2009. **Tips Meningkatkan Mutu Roti**. Food Review. 4(4): 56-59.
- Sari, D., Ginting, S., dan Zulkifli. 2016. **Pengaruh Perbandingan Konsentrasi Sorbitol dengan Sari Ubi Jalar Ungu dan Konsentrasi Karagenan terhadap Mutu Permen Jelly**. Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian. 4 (3) : 312-320.
- Satria, R., Rossi, E., dan Harum, N. 2017. **Kajian Jenis Kemasan dan Lama Penyimpanan terhadap Mutu Es Krim Soyghurt**. JOM Fakultas Pertanian. 4(2): 1-15.
- Selmo, M. S. and Salas, M. M. 2014. **Technological Quality of Bread from Flour with Spirulina**. *International Food Research Journal*. 21(4): 1523-1528.
- Setyani, S., Yuhana, N., dan Maesari, S. 2016. **Formulasi Tepung Jagung Terfermentasi dan Tepung Terigu terhadap Sifat Kimia, Fisiokimia dan Sensori Roti Manis**. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*. 2(1): 63-76.
- Shaumi, D. R. 2016. **Karakteristik Sifat Fisika Kimia Tepung Terigu Komersial dan Aplikasinya dalam Proses**

- Pembuatan Roti Tawar di PT Bungasari Flour Mills Indonesia.** Skripsi. Bogor.
- Soekarto, S. T. 1985. **Penilaian Organoleptik untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian.** Bharata Karya Aksara. Yogyakarta.
- Soekopitojo, S. 2012. **Tips Baking Produk Rerotian.** Kulinologi Indonesia. 4(3).
- Soekotjo, R. A. 2010. **Pengaruh Konsentrasi Yeast dan Jenis Emulsifier pada Frozen Dough.** Skripsi. Bogor.
- Soesilo, D., Santoso, R. E., dan Diyatri, I. 2005. **Peranan Sorbitol dalam Mempertahankan Kestabilan pH Saliva pada Proses Pencegahan Karies.** *Dent J.* 38 (1): 25-28.
- Sudarmadji, S. B., Haryono dan Suhardi. 1997. **Prosedur Analisa untuk Bahan Makan dan Pertanian.** Penerbit Liberty. Yogyakarta.
- Sumarjaya, I. W., Dewi, A. K., dan Srinadi, I. G. A. 2013. **Penerapan Metode Permukaan Respon dalam Masalah Optimasi.** *E-Jurnal Matematika.* 2(2): 32-36.
- Sun, D.W. 2012. ***Handbook of Frozen Food Processing and Packaging.*** CRC Press. New York.
- Surono, D. I. 2017. **Kualitas Fisik dan Sensoris Roti Tawar Bebas Gluten Bebas Kasein Berbahan Dasar Tepung Komposit Pisang Goroho (*Musa acuminata* L).** Universitas Sam Ratulangi. Manado
- Susilawati dan Medikasari. 2008. **Kajian Formulasi Tepung Tengu dan Tepung dari Berbagai Jenis Ubi Jalar sebagai Bahan Dasar Pembuatan Biskuit Non Flaky Crackers.** Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi II. UNILA Press. Lampung.
- Sutomo, B. 2007. **Sukses Wirausaha Roti Favorit.** Puspa Swara. Jakarta.
- Syafitri, M. I., Lidiasari, E., dan Indawan, H. 2010. **Karakteristik Permen Jelly Timun Suri dengan Penambahan Sorbitol dan Ekstrak Kunyit.** *Jurnal Gizi dan Pangan.* 5 (2): 78-86.
- Syarbini, M. H. 2013. **Referensi Komplit A-Z Bakery (Fungsi Bahan, Proses Pembuatan Roti dan Panduan Menjadi Bakepreneur).** PT Tiga Serangkai Pustaka Mandiri. Solo.

- Uju. 2006. **Pengaruh Penyimpanan Beku Surimi Terhadap Mutu Bakso Ikan Jangilus (*Istiophorus sp.*)**. Buletin Teknologi Hasil Perikanan. 9 (2): 49-54.
- Yuwono, S. S. dan Susanto, T. 1998. **Pengujian Fisik Pangan**. Universitas Brawijaya. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian.
- Zhou, W. and Selomulyo V. 2007. ***Frozen Bread Dough: Effect of Freezing Storage and Dough Improver***. Journal of Cereal Science. 4(5): 1-17.

